

**E. TAILLEBOIS**

ISSN 0755-978X

ISBN 2-905532-15-7

**cadre géologique  
des indices sulfures  
à**

**Zn, Pb, Cu, Fe,  
du secteur de Gouezec - St Thois**

DEVONO - CARBONIFERE DU FLANC

SUD DU BASSIN DE CHATEAULIN

( FINISTERE )

**MEMOIRES ET DOCUMENTS**

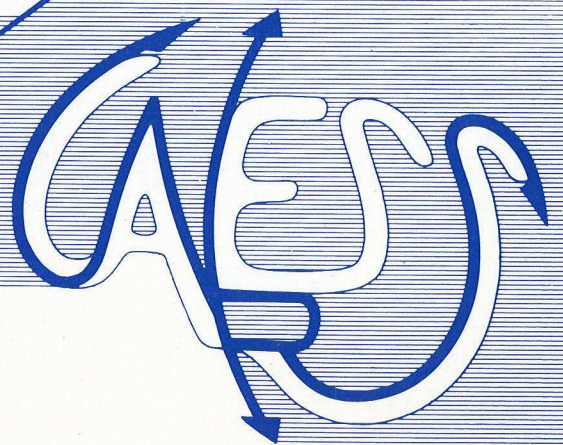
*du Centre Armoricaïn*

*d'Etude Structurale*

*des Socles*

n° 16

Rennes 1987



**MEMOIRES ET DOCUMENTS  
DU  
CENTRE ARMORICAIN D'ETUDE STRUCTURALE DES SOCLES**

**N°16**

**E. TAILLEBOIS**

**Cadre géologique des indices sulfures a Zn,  
Pb, Cu, Fe du Secteur de Gouézec-St-Thois :  
Dévono-Carbonifère du flanc Sud du Bassin de Châteaulin  
(Finistère).**

**Thèse de Doctorat de l'Université de Rennes I  
soutenue le 13 Février 1987**

**Centre Armoricaïn d'Etude Structurale des Socles  
LP CNRS n°4661  
Université de Rennes I  
Campus de Beaulieu  
F-35042 - RENNES Cédex  
(France)**

**1987**



ISSN : 0755-978 X

ISBN : 2-905532-15-7

Centre Armoricaïn d'Etude Structurale des Socles

LP CNRS n°4661

Université de Rennes I - Campus de Beaulieu

F-35042 - RENNES Cédex (France)

E. TAILLEBOIS (1987)

Cadre géologique des indices sulfurés à Zn, Pb, Cu, Fe  
du secteur de Gouézec-St-Thois : Dévono-Carbonifère du  
flanc Sud du bassin de Châteaulin (Finistère).

Mém. Docum. Centre Arm. Et. Struct. Socles, Rennes, 16 ; 195 p.





A CEUX QUE J'AIME...

*"Que ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail soient ici remerciés "*



## RESUME :

Les recherches systématiques de minéralisations de divers éléments métallifères, entreprises dans le Massif armoricain au début des années 60 par le B.R.G.M., ont abouti à la découverte d'indices puis de gîtes de type amas sulfuré à Pb, Zn, Cu, Fe, Ag d'âge briovérien (Rouez) et paléozoïque : Porte-aux-Moines (amas sulfuré sur appareil volcanique), Bodennec (hydrothermal sédimentaire). Ces deux derniers sont d'âge dévonien inférieur et sont antérieurs à la Formation des "Grès de Landévennec".

A la suite de la découverte d'anomalies géochimiques et géophysiques sur le secteur de Gouézec - St Thois le B.R.G.M. a décidé d'implanter des sondages carottés sur la zone de Torhoat : ils ont recoupé des niveaux minéralisés. La présente étude, proposée par le B.R.G.M. a pour objectif de définir le cadre géologique de cette minéralisation. Des travaux cartographiques et l'étude des sondages ont permis d'identifier six formations (sédimentaire, volcano-sédimentaire et volcanique) datées du Silurien au Carbonifère.

Le volcanisme observé sur ce secteur est bimodal :

- les faciès volcaniques basiques possèdent des affinités tholéitiques de type intraplaque.
- les volcanites acides s'apparentent à des ignimbrites.

L'étude géophysique a permis de mettre en évidence des structures ("axes lourds") et de préciser les limites entre les formations.

L'évolution tectono-métamorphique se traduit par l'existence de deux périodes de tectogenèse :

- la première synschisteuse et métamorphique est rapportée à la phase "bretonne"
- la seconde caractérisée par un décrochevauchement est attribuée à la phase "namuro-westphalienne".

L'étude de la minéralisation a permis d'identifier deux niveaux porteurs situés dans deux formations différentes :

- le premier est de type sédimentaire distal
- le second est submassif stratiforme (à blende dominante), intimement lié à des volcanites acides.

Les travaux cartographiques, l'étude des sondages, structurale et micropaléontologique ont permis d'attribuer un âge Dévonien moyen à supérieur à ces minéralisations.

La découverte du niveau minéralisé submassif stratiforme, à ce jour inconnu dans le secteur de Gouézec - St Thois peut constituer un argument favorable à la relance de l'étude des indices sulfurés dans la partie terminale du Paléozoïque. Ces études furent abandonnées à la suite des travaux sur les gisements de Porte-aux-Moines et de Bodennec qui concluaient à l'existence d'une seule minéralisation datée du Dévonien inférieur dans le bassin de Châteaulin (synclinorium médian).

Mots Clés : Gisements sulfurés, zinc substance, plomb substance, cadre géologique, Paléozoïque supérieur, Massif armoricain, Bassin de Chateaulin, Finistère.





ABSTRACT :

Systematic surveying performed during the sixties, in the armorican Massif has evidenced numerous mineralized occurrences and economic deposits (Pb, Zn, Cu, Fe, Ag) in Brioverian and Paleozoic formations. Portes-aux-Moines and Bodennec deposits are early Devonian and are older than the Grès de Landevennec Formation.

Following the discovery of geochemical and geophysical anomalies, the B.R.G.M. decided to set up bore hole on the Torhoat area. Many of them have crossed the mineralized formations. The aim of the present study proposed by the B.R.G.M. is the definition of the mineralization. Mapping and study of drill cores allowed one to identify six formations of which ages vary from Silurian to Carboniferous.

Volcanic rocks are of two types : tholeiitic rocks of intraplate type, acid rocks of ignimbrite type.

The study of geophysical data gives evidences for the presence of heavy axes and allows one to make more exact the boundaries of formations.

The regional tectonometamorphic evolution can be summarized as follows :

- The first tectonic phase is contemporaneous with a metamorphic event and with development of schistosity : This phase is attributed to the hercynian "phase bretonne". The second phase attributed to the "namuro-west-phalienne" phase resulted in strike-slip thrusts.

Two stratabound ore bodies are present in two different formations :

- One is of sedimentary type .
- One is linked to acid volcanic rocks and sphalerite dominated.

Mapping, study of drill cores and micropaleontological data give evidences for middle to late devonian ages.

Following the study of Bodennec and Portes-aux-Moines areas the main conclusion was the presence of only one mineralized level in lower Devonian formations of the Châteaulin Bassin. The discovery of middle and late Devonian mineralized occurrences in the Gouezec-St Thois area could be a starting point for a new surveying.



## SOMMAIRE

AVANT PROPOS..... 1

## INTRODUCTION

|  |   |
|--|---|
| I - Introduction.....                                  | 3 |
| II - Cadre géologique régional.....                    | 3 |
| II. 1. Stratigraphie, structure et métamorphisme ..... | 5 |
| II. 2. Métallogénie régionale.....                     | 6 |
| III - Cadre géologique local.....                      | 8 |
| III. 1. Stratigraphie, structure et métamorphisme..... | 8 |
| III. 2. Métallogénie locale.....                       | 8 |
| IV - Buts et méthodes de ce travail.....               | 8 |
| IV. 1. Buts.....                                       | 8 |
| IV. 2. Méthodes appliquées.....                        | 9 |

## PREMIERE PARTIE : ETUDE PETROGRAPHIQUE

|   |    |
|---|----|
| I - Introduction.....   | 11 |
| I. 1. Les travaux antérieurs sur le secteur de Gouézec - St Thoïs.....    | 11 |
| I. 2. Travaux récents.....  | 13 |
| I. 3. Nomenclature utilisée.....  | 15 |
| I. 3. 1. Roches sédimentaires.....  | 15 |
| I. 3. 2. Roches volcaniques.....  | 15 |
| I. 4. Remarques.....  | 16 |
| II - Description des faciès sédimentaires affleurants.....                | 16 |
| II. 1. Le secteur de Gouézec.....   | 16 |
| II. 1. 1. Formation I.....  | 16 |
| II. 1. 2. Formation II.....   | 16 |
| II. 1. 3. Formation III.....  | 17 |
| II. 1. 4. Formation IV.....   | 17 |
| II. 1. 4. 1. Les schistes massifs à chloritoïde.....                      | 17 |
| II. 1. 4. 2. Les schistes à chloritoïde et quartzites associés..          | 18 |
| II. 1. 4. 3. Les schistes sans chloritoïde et quartzites<br>associés..... | 18 |
| II. 1. 5. Formation VI.....   | 19 |
| II. 1. 5. 1. Les schistes noirs.....                                      | 19 |
| II. 1. 5. 2. Les grès feldspathiques.....                                 | 19 |
| II. 2. Les secteurs de St Thoïs et de Menez Albot.....                    | 20 |
| II. 2. 1. Le secteur de St Thoïs.....                                     | 20 |



|   |    |
|---|----|
| II. 2. 2. Le secteur de Menez-Albot.....  | 20 |
| III - Description des faciès volcaniques et des faciès hydrothermaux.....   | 21 |
| III. 1. Le secteur de Gouézec.....  | 21 |
| III. 1. 1. Le faciès basique situé au Sud et au Nord de Poulbriant..  | 21 |
| III. 1. 2. La métadolérite de Kerouant.....   | 22 |
| III. 1. 3. Les faciès volcaniques acides.....   | 22 |
| III. 1. 4. La chloritite de Torhoat.....  | 22 |
| III. 2. Le secteur de St Thois.....   | 23 |
| III. 2. 1. Les faciès basiques : la Formation V.....  | 23 |
| III. 2. 1. 1. Les métadolérites à grain grossier.....   | 23 |
| III. 2. 1. 2. Les métadolérites à grain moyen.....  | 24 |
| III. 2. 1. 3. Les métadolérites à grain fin.....  | 25 |
| III. 2. 2. Les faciès volcaniques acides.....   | 25 |
| III. 2. 2. 1. La brèche autoclastique.....  | 25 |
| III. 2. 2. 2. Les faciès vacuolaires.....   | 25 |
| III. 2. 2. 3. Les faciès à "flûtes" de chlorite.....  | 26 |
| III. 2. 3. La chloritite de Kermac'h Quai.....  | 26 |
| III. 3. Le secteur de Menez Albot.....  | 27 |
| III. 3. 1. Le faciès basique de la "Roche".....   | 27 |
| III. 3. 2. Le faciès volcanique acide.....  | 27 |
| III. 4. Rappels.....  | 27 |
| IV - Les faciès observées uniquement en sondage et apport de nouvelles don-<br>nées sur les faciès affleurants..... | 27 |
| IV. 1. Les faciès sédimentaires.....  | 28 |
| IV. 1. 1. Les séricito-chlorito-schistes.....   | 28 |
| IV. 1. 1. 1. Caractères généraux.....   | 28 |
| IV. 1. 1. 2. Le faciès bréchique.....   | 29 |
| IV. 1. 1. 3. Le faciès à "piquetis" de dolomie.....   | 30 |
| IV. 1. 1. 4. Position stratigraphique et origine du faciès à<br>séricito-chlorito-schistes.....                     | 31 |
| IV. 1. 2. Les faciès à calcschistes et schistes noirs.....  | 33 |
| IV. 1. 3. Les informations sédimentaires complémentaires.....   | 33 |
| IV. 2. Les faciès volcaniques.....  | 34 |
| IV. 2. 1. Le faciès ignimbritique.....  | 34 |
| IV. 2. 2. Le tuf rhyolitique.....   | 34 |
| IV. 2. 3. Informations volcaniques complémentaires.....   | 35 |
| IV. 3. Les faciès hydrothermaux.....  | 35 |
| IV. 3. 1. Les faciès carbonatés.....  | 36 |
| IV. 3. 1. 1. Le faciès carbonaté associé à de la chlorite.....  | 36 |
| IV. 3. 1. 2. Le faciès carbonaté (sans chlorite).....   | 36 |
| IV. 3. 2. Le faciès chloriteux.....   | 37 |
| V - Conclusion.....   | 39 |

## DEUXIÈME PARTIE : ETUDE GEOCHIMIQUE DES VOLCANITES ET DES FACIES HYDROTHERMAUX

|   |    |
|---|----|
| I - Introduction.....   | 41 |
| II - Etude géochimique du volcanisme.....                               | 41 |
| II. 1. Les données.....   | 41 |
| II. 2. Degré de transformation des roches volcaniques et classification | 43 |

|  |    |
|--|----|
| II. 2. 1. Degrés de transformation.....  | 43 |
| II. 2. 2. Classification.....  | 45 |
| II. 3. Les faciès volcaniques basiques.....  | 45 |
| II. 3. 1. Observations générales.....  | 45 |
| II. 3. 2. Les diagrammes géochimiques et géotectoniques.....   | 48 |
| II. 3. 2. 1. Les diagrammes géochimiques .....   | 48 |
| II. 3. 2. 2. Les diagrammes de discrimination des contextes géodynamiques.....   | 51 |
| II. 3. 3. Conclusions.....   | 53 |
| II. 4. Les faciès volcaniques acides.....  | 53 |
| II. 4. 1. Observations générales.....  | 53 |
| II. 4. 2. Les diagrammes géochimiques et géotectoniques.....   | 57 |
| II. 4. 3. Conclusions.....   | 58 |
| II. 5. Comparaison du volcanisme observé sur Gouézec - St Thoïs avec celui du bassin de Châteaulin, intercalé dans les formations dévono-carbonifères..... | 58 |
| II. 5. 1. Localisation et nature du volcanisme dans le bassin de Châteaulin.....   | 59 |
| II. 5. 2. Etude géochimique des volcanites du bassin de Châteaulin ; comparaison avec les volcanites de Gouézec - St Thoïs.....                            | 59 |
| II. 5. 2. 1. Les faciès volcaniques basiques.....  | 59 |
| II. 5. 2. 2. Les faciès volcaniques acides.....  | 62 |
| II. 5. 3. Conclusions.....   | 63 |
| II. 6. Conclusion générale.....  | 63 |
| III - Etude géochimique des faciès hydrothermaux.....  | 63 |
| III. 1. Les chloritites.....   | 64 |
| III. 2. Les faciès hydrothermaux carbonatés.....   | 64 |
| III. 3. Les chlorites.....   | 67 |
| III. 3. 1. Analyses des chlorites par diffraction des R. X. sur roche totale.....  | 69 |
| III. 3. 2. Analyses des chlorites par microsonde Ouest CAMEBAX en faisceau défocalisé.....   | 69 |
| III. 3. 3. Analyses des chlorites par microsonde Ouest CAMEBAX en faisceau focalisé.....   | 69 |
| III. 4. Variation de la composition des chlorites des chloritites.....   | 70 |
| III. 5. Conclusion.....  | 70 |

### TROISIEME PARTIE : PROSPECTION GEOPHYSIQUE

|  |    |
|--|----|
| I - Introduction.....                            | 75 |
| II - Les méthodes gravimétriques.....            | 75 |
| II. 1. La gravimétrie à l'échelle régionale..... | 75 |
| II. 2. La gravimétrie à l'échelle locale.....    | 77 |
| III - Les méthodes électriques.....              | 77 |
| III. 1. La polarisation spontanée.....           | 77 |
| III. 2. La mise à la masse du sondage Tor 1..... | 82 |
| IV - La méthode magnétotellurique.....           | 82 |
| V - Conclusion.....                              | 84 |

#### QUATRIEME PARTIE : ANALYSE STRUCTURALE ET METAMORPHISME

|  |     |
|--|-----|
| I - Introduction.....  | 86  |
| I. 1. Cadre structural régional.....   | 86  |
| I. 2. Cadre structural local.....  | 87  |
| I. 3. Premières observations structurales.....   | 90  |
| I. 3. 1. La carte géologique.....  | 90  |
| II - Les structures à l'échelle de l'affleurement et de la lame.....   | 91  |
| II. 1. La stratification $S_0$ .....   | 91  |
| II. 2. La schistosité $S_1$ .....  | 91  |
| II. 2. 1. La schistosité $S_1$ à l'échelle de l'affleurement.....  | 91  |
| II. 2. 2. La schistosité $S_1$ à l'échelle de la lame.....   | 94  |
| II. 3. La linéation $L_1$ et les plis $P_1$ .....  | 94  |
| II. 4. La schistosité $S_2$ .....  | 95  |
| II. 4. 1. La schistosité $S_2$ à l'échelle de l'affleurement.....  | 95  |
| II. 4. 2. La schistosité $S_2$ à l'échelle de la lame.....   | 95  |
| II. 5. Les phases de fracturation.....   | 95  |
| III - Les structures observées en sondage.....   | 96  |
| III. 1. Les observations structurales dans les sondages non orientés..   | 96  |
| III. 2. Les observations structurales dans le sondage orienté Tor 5...   | 97  |
| IV - Les objets marqueurs de la déformation.....   | 97  |
| IV. 1. Les zones abritées.....   | 97  |
| IV. 2. Les objets déformés.....  | 100 |
| V - Interprétation des observations.....   | 100 |
| V. 1. Interprétation de la carte géologique.....   | 100 |
| V. 2. Comparaison de la succession lithologique des formations IV et<br>VI sur le secteur de Gouézec - St Thois..... | 103 |
| V. 3. Comparaison entre les caractéristiques structurales des forma-<br>tions IV et VI.....                          | 105 |
| VI - Conclusion.....   | 106 |
| VII - Le métamorphisme.....  | 107 |
| VII. 1. Le métamorphisme régional.....   | 107 |
| VII. 2. Le métamorphisme de contact.....   | 109 |
| VIII - Conclusion générale.....  | 109 |

#### CINQUIEME PARTIE : DATATION DES FORMATIONS IV ET VI : ETUDE MICROPALÉONTOLOGIQUE

|  |     |
|--|-----|
| I - Introduction.....                                  | 111 |
| II - Rappels des données.....                          | 111 |
| III - Les échantillons prélevés.....                   | 113 |
| IV - Les résultats.....                                | 113 |
| IV. 1. Les résultats obtenus pour la formation IV..... | 113 |
| IV. 2. La formation VI.....                            | 114 |
| IV. 2. 1. Le niveau Tor 4 38,40.....                   | 114 |
| IV. 2. 2. Le niveau Tor 1 74,20.....                   | 114 |
| IV. 2. 3. Le niveau Tor 1 123,55.....                  | 115 |
| V - Conclusion.....                                    | 115 |

## SIXIEME PARTIE : ETUDE DE LA MINERALISATION

|  |     |
|--|-----|
| I - Introduction.....  | 117 |
| I. 1. Historique de la découverte de la minéralisation.....                            | 117 |
| I. 2. Rappels des données.....   | 119 |
| II - Les anomalies géochimiques.....   | 119 |
| III - Les formes de la minéralisation.....   | 122 |
| III. 1. Morphologie des passées minéralisées de la formation IV.....                   | 122 |
| III. 2. Morphologie des passées minéralisées de la formation VI.....                   | 122 |
| IV - Minéralogie.....  | 126 |
| IV. 1. Les associations minéralogiques principales.....                                | 126 |
| IV. 2. Minéralogie, texture et succession des associations minéralisées observées..... | 126 |
| IV. 2. 1. La minéralisation observée dans la formation IV.....                         | 126 |
| IV. 2. 1. 1. La minéralisation en lit concordant.....                                  | 127 |
| IV. 2. 1. 1. La minéralisation dans les veinules sécantes.....                         | 129 |
| IV. 2. 1. 3. Conclusion.....   | 130 |
| IV. 2. 2. La minéralisation observée dans la formation VI.....                         | 130 |
| IV. 2. 2. 1. La minéralisation située dans le faciès volcanique.....                   | 130 |
| IV. 2. 2. 2. La minéralisation située dans le faciès hydrothermal carbonatée.....      | 131 |
| IV. 2. 3. Conclusion.....  | 131 |
| V - Géochimie.....   | 131 |
| V. 1. Résultats d'analyse.....   | 131 |
| V. 2. Interprétation.....  | 136 |
| V. 3. Conclusion.....  | 136 |
| VI - Essai de classification des minéralisations de Gouézec - St Thois.....            | 137 |
| VI. 1. Classification des gisements de types amas sulfurés.....                        | 137 |
| VI. 2. Les gisements du bassin de Châteaulin.....                                      | 140 |
| VI. 2. 1. Le gisement de la Porte-aux-Moines.....                                      | 140 |
| VI. 2. 2. Le gisement de Bodennec.....   | 141 |
| VI. 2. 3. L'indice de Menez-Albot.....   | 141 |
| VI. 2. 4. Les indices de Gouézec-St Thois.....   | 142 |
| VI. 3. Comparaison entre les différents gites du bassin de Châteaulin.....             | 142 |
| VI. 3. 1. Le contrôle paléogéographique.....   | 142 |
| VI. 3. 2. Le contrôle chronologique.....   | 143 |
| VI. 3. 3. Conclusion.....  | 145 |
| VII - Comparaison avec les gisements types et conclusion.....                          | 146 |
| SEPTIEME PARTIE : CONCLUSION GENERALE  |     |
| Conclusion générale.....   | 147 |
| REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....   | 153 |
| PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES   |     |
| ANNEXE A   |     |
| ANNEXE B   |     |





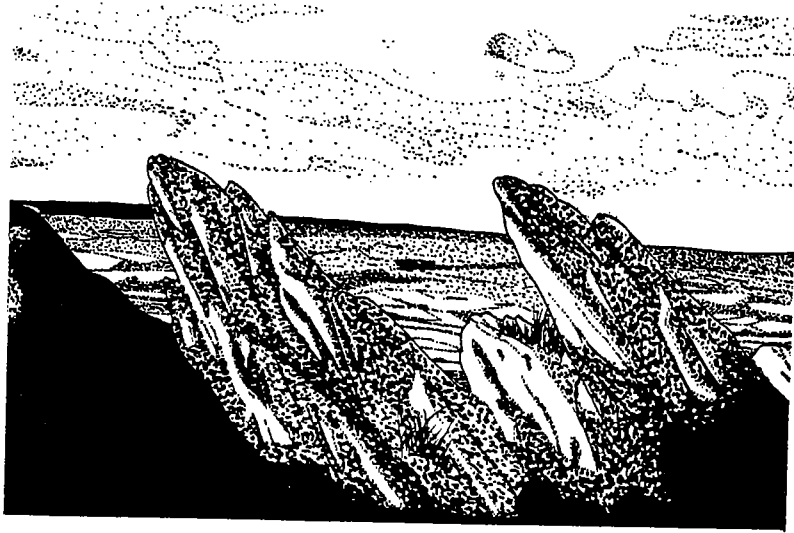
## AVANT - PROPOS

Suite à une prospection géochimique systématique, le Massif Armoricaïn a été reconnu comme une province volcano-sédimentaire à gisements potentiels à Pb, Zn, Cu, Ag. La présence de nombreux indices sur différents sites a nécessité une étude plus approfondie en Bretagne, en particulier sur les bordures du Bassin de Châteaulin.

F. Aye dans sa thèse de doctorat (1983) a défini les minéralisations de Bodennec - Yeun Dong (Finistère) et de la Porte-aux-Moines (Côtes-du-Nord) à l'aide de données de terrain et de travaux miniers. L'indice de Menez-Albot (Finistère) a été étudié au cours d'un D.E.A. et d'une thèse de 3ème cycle par D. Lagleize (1981).

Le B.R.G.M. m'a attribué en 1983 l'étude du secteur de Gouézec - St Thoïs où, au cours des années 1981 à 1985, six sondages ont été implantés ; certains ont recoupé une minéralisation à Pb, Zn, Cu.





**LEGENDE DE KARREG AN TAN :**

*Du haut de ce belvédère des Montagnes Noires, on domine un vaste horizon. Jadis, sur ce piton rocheux de 281 m, un guetteur surveillait le feu du Me-nez-Hom qui reliait Roscanvel au temps où les vikings remontaient la rivière pour piller l'intérieur du pays. Il allumait son feu sur cette roche qui a gardé, depuis lors, ce nom de Roche du Feu.*

## **INTRODUCTION**





Figure 1. - Situation géographique du secteur de Gouézec - St Thois d'après les cartes topographiques à 1/25.000 I.G.N. (Châteaulin Est - Châteauneuf-du-Faou).

## I - INTRODUCTION

Situé dans le Finistère Sud à l'extrémité occidentale du Bassin de Châteaulin, le secteur de Gouézec - St Thois est limité au Nord par les méandres de l'Aulne ; il est localisé à une vingtaine de kilomètres au Nord de Quimper, à sept kilomètres au Sud de Pleyben.

Le paysage présente un relief modéré, l'altitude varie de 30 à 281 m. Des "sommets" de cette zone le Bassin de Châteaulin s'affirme nettement par sa topographie "négative" comparativement aux Montagnes Noires auxquelles appartient le Sud du secteur étudié (Karreg-an-Tan) (fig. 1), aux Monts d'Arrée visibles vers le Nord.

Le secteur de Gouézec - St Thois appartient au permis d'études et de recherches de St Thois, attribué au B.R.G.M.

Il se divise en trois zones cartographiées basées sur les cadastres de Gouézec, St Thois et du secteur de Menez-Albot :

- la zone de Gouézec : zone **A** à l'ouest
- la zone de St Thois : zone **B** au NE
- la zone de Menez-Albot : zone **C** au SE

Le secteur de Gouézec - St Thois est limité par un trait continu (fig. 1).

La partie Nord du secteur étudié par D. Lagleize (1981) au cours de sa thèse, est représenté par des tiretés.

## II - CADRE GEOLOGIQUE REGIONAL

Le Massif Armoricaïn est constitué de roches magmatiques, métamorphiques et sédimentaires d'âge essentiellement protérozoïque et paléozoïque. Affecté successivement par les cycles orogéniques pentévrien, cadomien et varisque, son image actuelle se caractérise par la présence

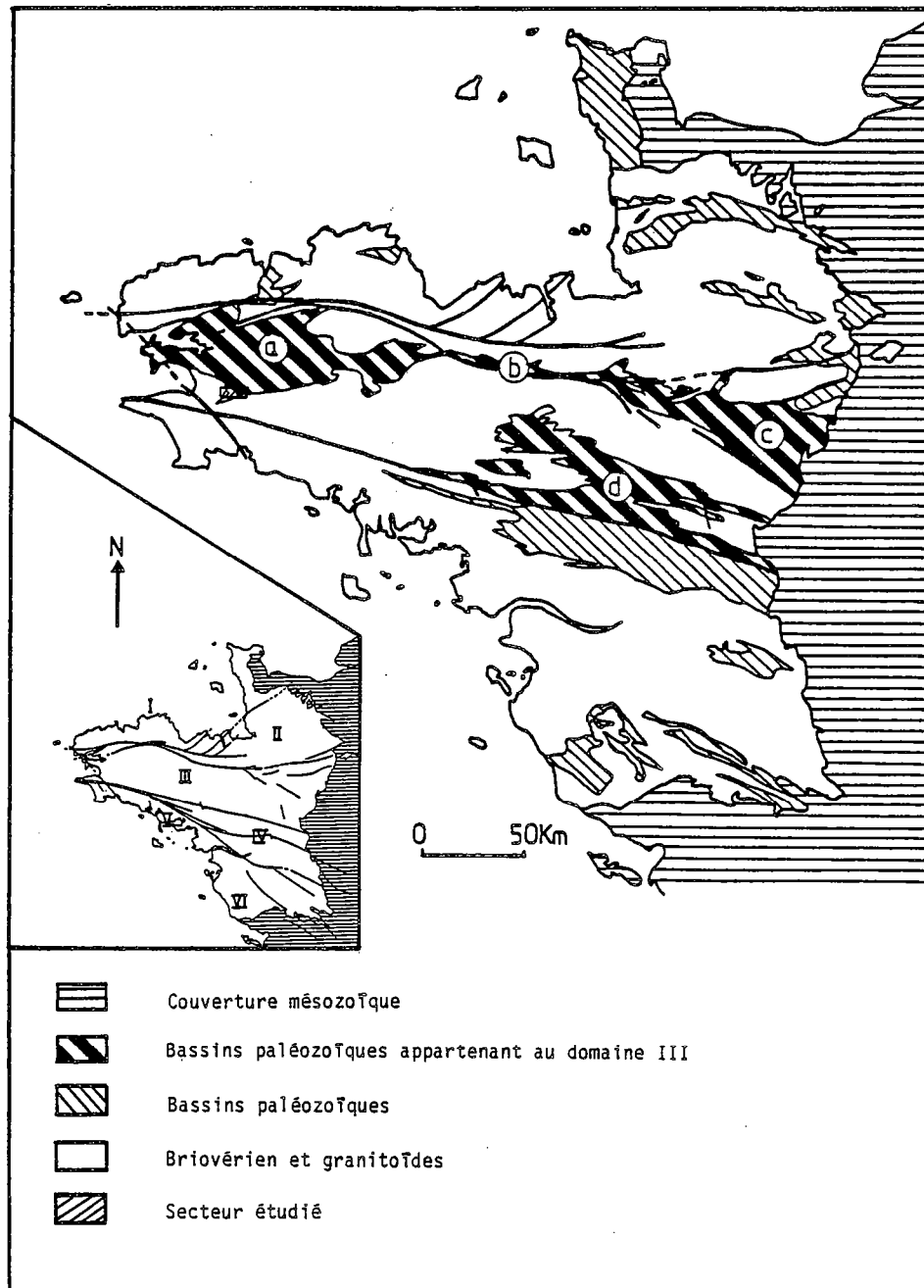


Figure 2. - Carte géologique simplifiée du Massif Armoricain (d'après Cogné, 1972). Localisation des différents bassins paléozoïques et situation du secteur étudié.

de grands accidents de type cisailant orientés Est-Ouest qui ont juxtaposé des blocs ou domaines d'évolution différente (Cogné, 1972) ; ces domaines disparaissent à l'Est sous la transgression de l'ensemble mésozoïque discordant du Bassin Parisien.

Les différents domaines anté-mésozoïques sont du Nord au Sud (fig. 2) :

- le domaine Domnonéen (I)
- le domaine Mancellien (II)
- le domaine Centre-Armoricain (III)
- le domaine Ligérien (IV)
- le domaine de l'Anticlinal de Cornouailles (V)
- la zone Ouest-Vendéenne (VI).

C'est dans le domaine Centre-Armoricain que se situent d'immenses unités sédimentaires paléozoïques apparaissant dans le Briovérien en vastes bandes synclinales orientées N - NW-E-SE recoupées par des plutons varisques.

Ce sont d'Ouest en Est (fig. 2) :

- le Bassin de Châteaulin (a) (s. 1.)
- le Bassin du Ménez-Belair (b)
- le Bassin de Laval (c) (s. 1.) et les Synclinaux Sud de Rennes (d).

Dans ce domaine la transgression paléozoïque débute à l'Arenig (Bonjour et al., 1937) en presqu'île de Crozon et se termine par des ensembles d'âge dinantien à namurien dans les bassins carbonifères de Laval et de Châteaulin. Le remplissage est essentiellement détritique néanmoins des épisodes volcaniques s'intercalent à différents niveaux stratigraphiques.

## II - 1 - STRATIGRAPHIE, STRUCTURE ET METAMORPHISME DU BASSIN DE CHATEAULIN

Terminaison occidentale du synclinorium médian, le Bassin de Châteaulin (s. 1.) se présente comme une vaste unité structurale complexe, correspondant à deux grandes périodes sédimentaires séparées par la phase bretonne de l'orogène hercynien :

- un ensemble inférieur de l'Arenig au Famennien correspondant à une sédimentation de plate-forme stable (épaisseur de 2500 à 3000 m)
- un ensemble supérieur Strunien-Namurien de type bassin d'effondrement, en régime décrochant dextre s'initiant dès la structuration bretonne (Guillocheau et Rolet, 1982).

La structuration du bassin de Châteaulin est engendrée lors des différentes phases hercyniennes. L'activité magmatique est présente dès le Gedinien (Dévonien inférieur) et se poursuit en continu jusqu'au Viséen (Carbonifère inférieur), avec des phases paroxysmales lors des épisodes breton, namurien et westphalien (Barrière et al., 1983).

Le métamorphisme régional anchizonal à l'extrême Ouest du Bassin de Châteaulin (s. 1.) devient épizonal vers l'Est. Celui-ci se caractérise essentiellement par la présence de chloritoïde dans de nombreuses formations antécarbonifères (Sagon, 1976).

De nombreux massifs granitiques (Quintin, Huelgoat, Pontivy) liés aux phases tectoniques hercyniennes, recoupent les bordures paléozoïques du Bassin de Châteaulin affectant les formations d'un métamorphisme de contact.



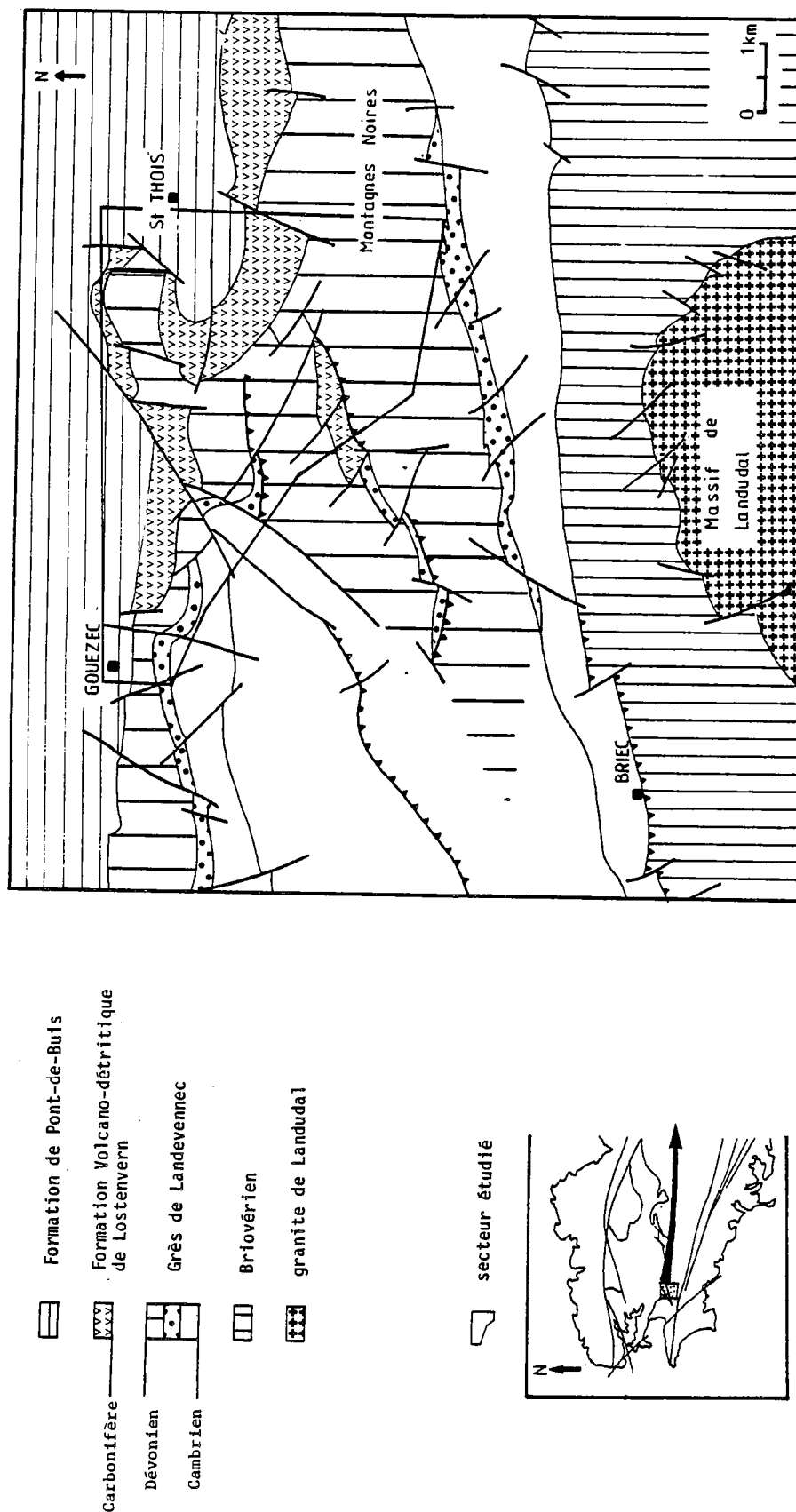


Figure 4. - Carte géologique simplifiée du secteur de Gouézec - St Thois d'après les cartes géologiques à 1/50.000 des régions de Châteaulin et de Gourin (en cours de parution B.R.G.M.).

### III - CADRE GEOLOGIQUE LOCAL

#### III - 1 - STRATIGRAPHIE, STRUCTURE ET METAMORPHISME

Située au niveau de l'accident de Briec ("Bec" de Briec), la zone de Gouézec - St Thois présente des formations d'âge silurien à carbonifère. La structure de Briec, dont on n'observe que la partie Nord dans le secteur étudié, se caractérise dans son ensemble par une mégastucture d'axe N 70 de type pli faille, associée à une zone de cisaillement, affectant les formations pré-cambriennes à dinantiennes (fig. 4).

Le massif de Landudal situé au Sud du secteur, (ou un équivalent nord) induit un métamorphisme de contact (Hammer et al., 1982 ; Le Gall, 1985).

#### III - 2 - METALLOGENIE LOCALE

Les seuls travaux géologiques et géochimiques connus au début de ce travail sont ceux de D. Lagleize (1981) et de F. Aye (1982). Ces deux auteurs considèrent que la minéralisation rencontrée uniquement en sondage se situe au sein d'une série d'alternances gréso-pélitiques à faible fraction volcanogène d'âge pridoli-gélinien, assimilée par analogie, pour D. Lagleize, (1981), à la Formation des "Schistes et Quartzites de Plougastel". La minéralisation de type sulfurée à Pb, Zn, Cu est stratiforme à l'échelle du secteur (si on fait abstraction des déformations qui ont affecté la zone) et s'est déposée dans un contexte de plate-forme, à l'interface eau de mer - sédiments. La minéralisation reconnue à l'heure actuelle sur Menez-Albot est sous-économique (Lagleize, 1981).

### IV - BUTS ET METHODES DE CE TRAVAIL

#### IV - 1 - BUTS

A l'issue des travaux géologiques et géochimiques effectués sur Menez-Albot, trois anomalies lourdes en géochimie avaient été cartographiées sur le secteur de Gouézec - St Thois. Celles-ci ont justifié l'implantation de cinq sondages (Tor 1, Tor 2, Tor 3, Tor 4 et Tor 5). Certains ont recoupé des minéralisations de type stratiforme à blende prépondérante. La présence de volcanites à l'Est du secteur modifie le contexte observé autour des zones minéralisées par rapport à Menez-Albot. De plus il semble que cette minéralisation soit encaissée dans des formations "post-Landévennec".

L'objectif de cette thèse est l'établissement d'une succession lithostratigraphique locale corrélable avec une succession régionale qui intègre les niveaux minéralisés afin de déterminer le type de la minéralisation ainsi que sa place dans cette succession. A partir de ces études on tentera d'abord de définir l'architecture de la zone minéralisée, située sur Gouézec - St Thois et ensuite de déterminer la paléogéographie. Une comparaison avec les autres gisements armoricains paléozoïques sera envisagée.

## IV - 2 - LES METHODES APPLIQUEES

Terrain et laboratoire apportent une contribution identique à la compréhension du secteur. L'étude de ce travail a débuté par la cartographie, sur une base cadastrale à l'échelle 1/5000, d'une zone située à l'Ouest de Gouézec et de St Thoïs. Le manque d'affleurement complique beaucoup le travail. Discontinu, parfois difficile d'accès, oblitéré par une opulente végétation bretonne une grande partie du terrain a été cartographiée à la "pierre volante".

L'étude des sondages a permis l'examen d'une minéralisation inconnue à l'affleurement. L'observation de formations sédimentaires, volcaniques et hydrothermales a permis une meilleure compréhension des observations de surface et d'envisager des corrélations sondage-sondage, sondage-terrain.

Le B.R.G.M. a mis à ma disposition de nombreux documents : géophysique (P.S., M.A.G.), de géochimie (alluvions et sols) et photographies aériennes permettant de résoudre certaines lacunes cartographiques.

Une étude pétrographique au microscope en lumière transmise et par diffractométrie des R. X. (Philips PW 2200) a été entreprise sur un vaste échantillonnage (terrain et sondages).

Dans le cas des roches volcaniques ou hydrothermales des analyses géochimiques des éléments majeurs et traces (Ba, Co, Cr, Cu, Ni, Sr, V, Rb) ont été effectuées au C.R.P.G. de Vandœuvre-les-Nancy et ont été complétées au C.A.E.S.S. pour les traces (Nb, Zr, Y, Sr, Rb). Des analyses microsondes ont été réalisées à la microsonde CAMEBAX de Brest (analyste M. Bohn) en faisceau défocalisé (section  $80\mu\text{m}^2$ ) pour des analyses de chloritites, de clastes de matrice et avec des faisceaux focalisés pour l'étude des carbonates et des chlorites. La minéralisation, quant à elle a été étudiée en lumière réfléchie soit sur sections polies du B.R.G.M. soit sur lames polies. Les données géochimiques concernant les passées minéralisées sont issues soit des analyses effectuées par le B.R.G.M. soit de nouvelles analyses réalisées à la microsonde de Brest.

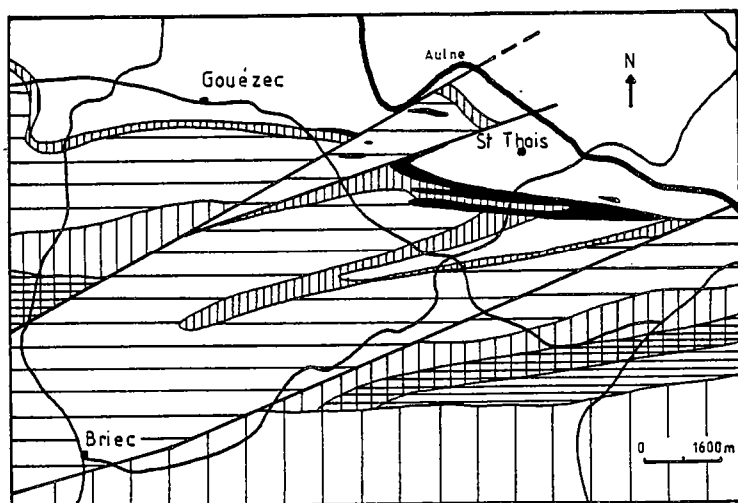
Des extractions pour étude micropaléontologique ont été effectuées par F. Paris.



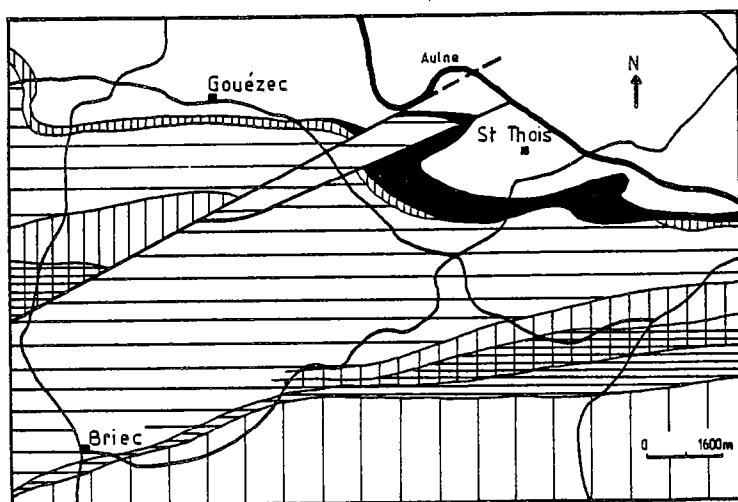


# **PREMIERE PARTIE**

## **Etude Pétrographique**



a - édition 1885 (Barrois)



b - édition 1949 (Pruvost et Le Maître)










-  Schistes ardoisiers de Châteaulin
-  Volcanisme basique
-  Schistes et Calcaires du Néhou
-  Schistes et Quartzites de Plougastel
-  Schistes et Grès de Camaret
-  Schistes ardoisiers d'Angers
-  Grès Armoricaïn
-  Briovérien
-  Secteur étudié

Figure 5. - Cartes géologiques de la France, feuille de Châteaulin à 1/80.000.

## I - INTRODUCTION

Les travaux de nombreux auteurs ont contribué à une meilleure compréhension géologique (pétrographie, métamorphisme, études structurales, métallogénie) du bassin de Châteaulin : Ch. Barrois (1885, 1896, 1906), P. R. Giot (1944, 1946), P. Pruvost et D. Le Maître (1949), F. Conquéré (1966), Cl. Babin et al. (1972), P. Morzadec (1976), J. P. Sagon (1976), J. R. Darboux et J. Garreau (1977), J. Rolet et P. Thonon (1979), F. Guillocheau et J. Rolet (1982), F. Aye (1983), J. Rolet (1984 a et b), B. Le Gall (1985), J. Rolet et al. (1986)...

### I - 1 - LES TRAVAUX ANTERIEURS SUR LE SECTEUR DE GOUZEC - ST THOIS

Les premières données lithostratigraphiques peuvent être extraites des cartes géologiques de la France, feuille de Châteaulin à 1/80.000 de Ch. Barrois (1885) et de P. Pruvost et D. Le Maître (1949).

D'après ces deux cartes, l'ensemble des formations est généralement orienté Est-Ouest avec un pendage subvertical.

Sur le secteur étudié, quatre formations sédimentaires apparaissent, les plus anciennes situées au Sud, les plus récentes au Nord (fig. 5).

Ce sont du Sud vers le Nord :

- Les "Schistes et Grès de Camaret" d'âge ordovicien supérieur et silurien ( $S^{4-3}$ ).
- Les "Schistes et Quartzites de Plougastel" d'âge gédinnien ( $d_1$ ) et le "Grès de Landévennec" d'âge taunusien ( $d^1$ )
- Les "Schistes et Calcaires du Nêhou" d'âge coblencien ( $d^2$ )
- Les "Schistes ardoisiers de Châteaulin" d'âge dinantien ( $hu$ ).

Les deux documents diffèrent essentiellement sur deux points :

- La configuration de l'accident de Briec
- La présence, d'après Barrois, d'un petit synclinal à coeur carbonifère s'inscrivant dans les "Schistes et Quartzites de Plougastel", au SW de St Thoïs.

On peut noter également des variations de position stratigraphique du volcanisme fini-Dévonien au sein des séries sédimentaires.

W

E

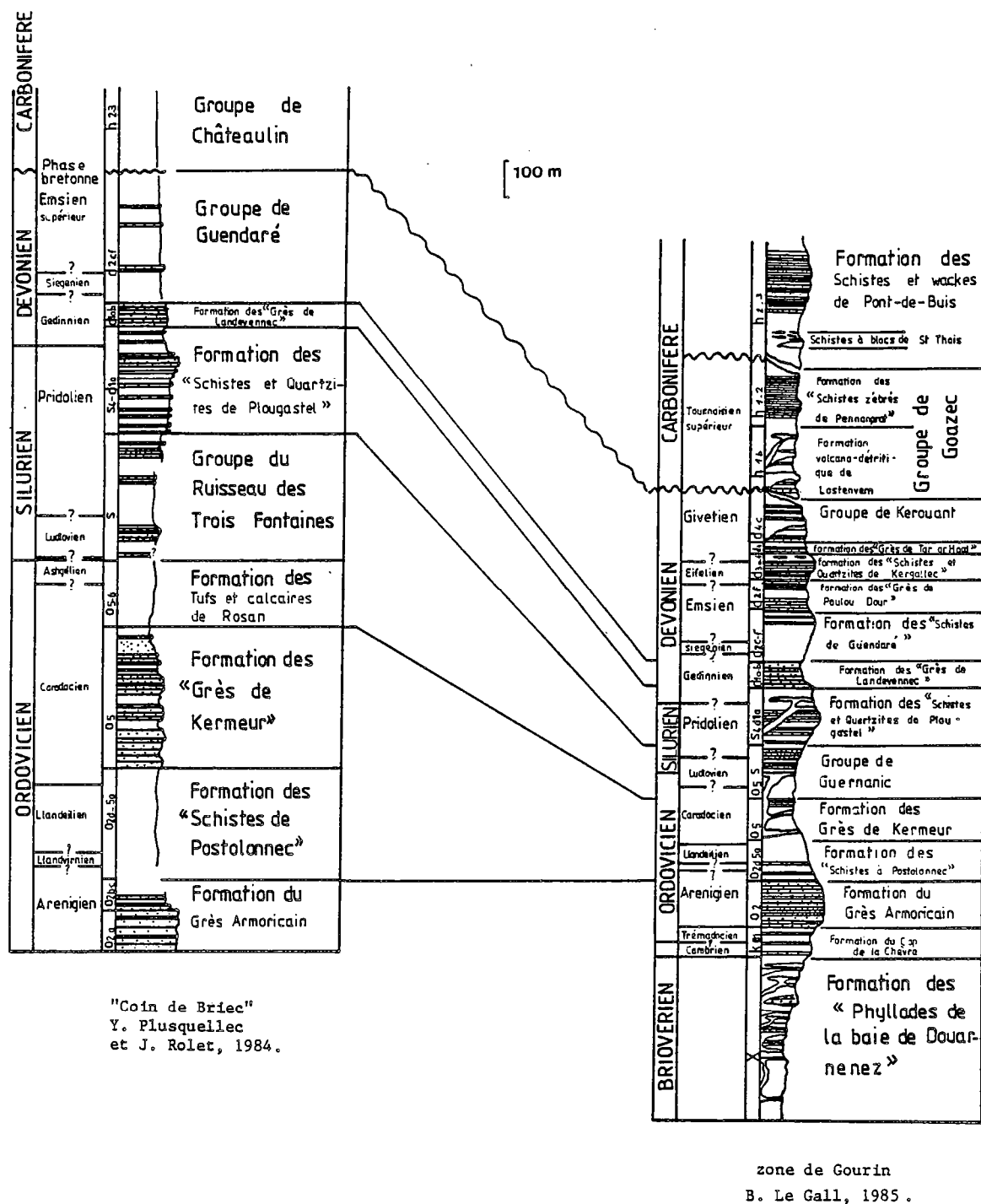


Fig. 6. - Formations lithostratigraphiques des zones de Gourin et de Châteaulin ("Bec de Briec").

## I - 2 - TRAVAUX RECENTS

Deux documents cartographiques, actuellement en cours de parution, ont permis de préciser le cadre géologique régional et local. Il s'agit de :

- la feuille de Châteaulin à 1/50.000, coordonnée par A. Pelhate
- la feuille de Gourin à 1/50.000, coordonnée par B. Le Gall

En se référant aux travaux de J. Rolet (1984) et de B. Le Gall (1985), à la carte de la figure 4 et aux colonnes lithostratigraphiques de la figure 6, les auteurs précisent les limites lithologiques et chronologiques des formations "post-Landevennec" dans les secteurs "coin de Briec" et zone de Gourin.

Le secteur de Gouézec A (fig. 1) appartenant au "coin de Briec", carte de Châteaulin (Rolet, 1984) regroupe essentiellement des formations sédimentaires d'âge ordovicien supérieur à carbonifère. Celles-ci dessinent un large anticlinal à coeur ordovicien (Groupe des Trois Ruisseaux). Cette mégastucture est affectée par un cisaillement dextre de direction N 70 constituant la branche nord de l'accident de Briec.

Le secteur de St Thois B, zone Ouest de la carte de Gourin (Le Gall, 1985), comporte principalement la Formation de Lostenvern, de nature volcano-détritique, d'âge carbonifère (Tournaisien) (fig. 1 et fig. 4). Cette formation est importante sur le secteur B car elle se présente sous la forme d'une structure "arquée", conséquence des plis d'entraînement qui sont associés à la zone de Briec ; le secteur C, Menez-Albot, pourrait comporter des occurrences carbonifères, coeur d'un synclinal dessiné par des formations d'âge dévonien moyen.

Si l'on compare les formations des colonnes lithostratigraphiques des secteurs de Gouézec et de St Thois (Tableau 1) :

- D'un secteur à l'autre les formations varient en épaisseur. Elles sont présentes dans les deux zones ou absentes dans l'un des deux secteurs. Leur nom peut être différent ou modifié : par exemple, le Groupe de Guendaré (d<sub>2</sub> c-f), feuille de Châteaulin (Rolet, 1984) devient Formation des "Schistes de Guendaré" (d<sub>2</sub> c-f), feuille de Gourin (Le Gall, 1985).

Dans le cadre de ce travail, une carte d'affleurement et de "pierres volantes" sur les secteurs de Gouézec - St Thois a été réalisée à l'échelle 1/ 5000 puis réduite à 1/20.000. Elle comporte les sites d'échantillonnage, la position des sondages, les principaux affleurements ainsi que les mesures structurales les plus importantes (document 1, hors texte 1).

Le secteur cartographié à 1/5000 de Gouézec - St Thois se situant à la limite des deux cartes géologiques à 1/50.000 de Châteaulin et de Gourin (fig. 4), il m'a semblé nécessaire d'utiliser une subdivision des formations lithologiques, propre à cette étude, car de nombreuses formations apparaissent ubiquistes sur les deux zones et n'ont pas le même nom dans les deux documents précédents (cartes géologiques à 1/50.000). La cartographie à 1/20.000, les données des sondages, les cartes géologiques existantes ont permis d'individualiser six formations sédimentaires et volcanosédimentaires sur le secteur de Gouézec - St Thois.

L'analyse des faciès permet de rapporter certaines de ces formations aux unités décrites dans les régions de Briec et de Gourin (Tableau 1).

FORMATION I : formation constituée de schistes noirs appartenant au Groupe du Ruisseau des Trois Fontaines d'âge ludlovien (Plusquellec, Rolet, 1984).

FORMATION II : formation de schistes et quartzites appartenant à la Formation des "Schistes et Quartzites de Plougastel" d'âge pridolien-gédinnien (Plusquellec, Rolet, 1984 ; Le Gall, 1985).

| AGE         |                          | indices<br>Rolet<br>Le Gall         | GOUÉZEC<br>"Coin de Briec"<br>(Rolet, 1984)          | ST THOIS<br>"Gourin"<br>(Le Gall, 1985)   | GOUÉZEC - ST THOIS  |           |
|-------------|--------------------------|-------------------------------------|--|---|---|-----------|
| CARBONIFÈRE | Viséen<br>supérieur      | h <sub>2-3</sub>                    | Formation de Pont de Buis                            | Formation des "Schistes et vac-<br>ques" de Pont de Buis incluant<br>les schistes à blocs de St Thois | Lithologie  | Formation |
|             | Tournaisien<br>supérieur | h <sub>1-2</sub><br>h <sub>1b</sub> | LACUNE   | Formation de Lostenvern   | Schistes noirs à blocs  | VI        |
|             | Famennien                |                                     |  | LACUNE  | Grès feldspathiques<br>Schistes noirs                                   | - ? -     |
|             | Frasnien                 |                                     |  | Groupe de Kerouant  | volcanisme<br>acide<br>métadolérites                                    | V         |
| DEVONNIEN   | Givétien                 | d <sub>4c</sub>                     | LACUNE   | Formation des "Grès de Tor<br>ar Hoat"  | schistes sans<br>chloritoïde et<br>quartzites associés                  | - ? -     |
|             | Eifelien                 | d <sub>4</sub><br>d <sub>3a-4</sub> |  | Formation des "Schistes et<br>quartzites de Kergallec"  | Schistes à chloritoïdes<br>et quartzites associés                       | IV        |
|             | Emsien                   | d <sub>2f</sub>                     |  | Formation des "Grès de Poulou<br>dour"  |   |           |
|             | Siegenien<br>Pragnien    | d <sub>2c-f</sub>                   | Groupe de Quendré                                    | Formation des "Schistes de<br>Quendré"  | Schistes massifs à<br>chloritoïdes et à<br>niveaux de calc-<br>schistes | III       |
|             | Cedinnien<br>Lochkovien  | d <sub>1a-b</sub>                   | Formation des "Grès de Landévennec"                  |   | grès ferrugineux  |           |
| SILURIEN    | Pridoli                  | S <sub>4</sub> d <sub>1a</sub>      | Formation des "Schistes et Quartzites de Plougastel" |   | schistes et quartzites  | II        |
|             | Ludlovien                | O <sub>5</sub>                      | Groupe des Trois Ruisseaux                           | Groupe de Guernanic   | schistes noirs  | I         |
| ORDOVICIEN  |                          |                                     |  |   |   |           |

Tableau 1 : Comparaison des formations lithologiques décrites dans le secteur de Gouézec - St Thois.

FORMATION III : formation de grès ferrugineux appartenant à la Formation des "Grès de Landévennec" d'âge gédinnien (Rolet, 1984 ; Le Gall, 1985).

FORMATION IV : formation essentiellement sédimentaire (schistes et quartzites) d'âge dévonien inférieur (à moyen ?) comportant des passages hydrothermaux.

FORMATION V : ensemble de roches basiques, cartographié essentiellement sur le secteur de St Thoïs.

FORMATION VI : formation volcano-sédimentaire équivalente dans le Groupe de Goazec à la Formation de Lostenvern (d'âge carbonifère ?) et incluant les schistes à blocs de St Thoïs qui appartiennent de la Formation des "Schistes et Wackes" de Pont de Buis.

Une comparaison plus précise (tableau 1) permet ces premières remarques :

- la sédimentation sur les secteurs de Gouézec et St Thoïs est commune au Pridolien supérieur à l'Emsien inférieur
- dès l'Emsien sur le secteur de Gouézec apparaît une lacune de sédimentation qui dure jusqu'au Tournaisien supérieur
- tous les termes carbonifères sont en discordance cartographique sur les termes dévoniens.

### I - 3 - NOMENCLATURE UTILISÉE

#### I - 3 - 1 - ROCHES SÉDIMENTAIRES

La nomenclature appliquée à des roches sédimentaires qui ont subi un métamorphisme épizonal m'a conduit à utiliser sur le terrain, le terme de schiste (chloritoschiste, schiste à chloritoïde, ...) quartzite et grès. Ce terme de "schiste", employé couramment dans la littérature, est utilisé dans cette étude au sens large et non, au sens strict : à connotation tectonique.

Le terme de "métashale" semblerait être plus correct pour la description des faciès rencontrés sur le terrain, mais l'emploi du terme de "schiste" par les différents auteurs qui ont étudiés les formations armoricaines (de Barrois à Le Gall) corrobore à utiliser le mot "schiste" (Exemple : Formation des "Schistes et Quartzites" de Plougastel).

#### I - 3 - 2 - ROCHES VOLCANIQUES

L'ensemble des faciès observés sur le secteur de Gouézec - St Thoïs ayant subi un métamorphisme épizonal, l'utilisation d'un terme général pour désigner l'ensemble des metabasites grenues a été adoptée : le terme de métadolérite. Une subdivision a été établie en fonction de la taille du grain. C'est ainsi que sur la carte d'affleurement des métadolérites à gros grain, à grain moyen, à grain fin ont été représentées.

Ces roches peuvent correspondre à de véritables dolérites, des basaltes, voire des andésites, épimétamorphisés.

Pour les métafelsites, seul le terme de volcanite acide a été utilisé. On a seulement noté la présence de vacuole, de fiamme ou de toute autre structure volcanique particulière, dans les roches. Ces faciès acides sont représentées essentiellement par des tufs, des ignimbrites et des tuffites.

Afin de préciser la classe granulométrique des roches volcaniques (tuf ou cinérite) une nomenclature a été réalisée :

| Taille | volcanites             |                        | volcano-sédimentaire        |
|--------|------------------------|------------------------|-----------------------------|
|        | roches non consolidées | roches consolidées     | roches mêlées aux sédiments |
|        | bloc-bombe             | brèche pyroclastique   | brèche épyclastique         |
| 64 mm  | lapilli                | tuf pyroclastique      | tuf épyclastique ou tuffite |
| 2 mm   | cendres                | cinérite pyroclastique | cinérite épyclastique       |

Tableau 2 : nomenclature des roches volcaniques et volcano-sédimentaires (modifié d'après Routhier et al., 1980 ; Schmid, 1981).



## I - 4 - REMARQUES

Les chiffres introduits entre crochets ( ) dans la description des faciès correspondent à la numérotation des échantillons sur le terrain (liste hors texte (numéro, nature pétrographique, situation géographique));(annexe B).

Tous les échantillons sont sommairement décrits dans des tableaux hors texte : roches issues du terrain et des sondages. Toutes les études particulières (R. X., analyse microsonde, analyse géochimique) sont notées ainsi que les constituants particuliers (clastes, minéralisation...);(annexe B).

## II - DESCRIPTION DES FACIES SEDIMENTAIRES AFFLEURANTS

Ils abondent sur le secteur de Gouézec formant un large anticlinal, et toutes les unités lithologiques sont présentes. Sur le secteur de St Thoïs les faciès sédimentaires sont en contact avec les faciès volcaniques dominants sur cette zone.

## II - 1 - LE SECTEUR DE GOUZEC

Cette zone s'étend de l'Ouest du village de Gouézec à l'Est de la ferme de Kerme-  
nez.

## II - 1 - 1 - FORMATION I

Cette formation est représentée par un ensemble de schistes noirs ampéliteux. Cartographiés dans une vaste dépression, limités par la Formation des "Schistes et Quartzites de Plougastel", située au Sud de Karreg-an-Tan, ces schistes n'apparaissent pas à l'affleurement mais on en trouve de nombreux fragments dans les champs qui confèrent à la terre une teinte très noire.

En prospection géophysique, en particulier en polarisation spontanée ils déterminent par leur forte résistivité des anomalies géophysiques.

Appartenant au Groupe du Ruisseau des Trois Fontaines (Plusquellec, Rolet, 1984), ils sont d'âge silurien (Ludlovien-Pridolien).

## II - 1 - 2 - FORMATION II

Formation constituée de schistes et quartzites, cet ensemble présente dans le relief de nombreux chicots qui donnent les altitudes les plus élevées du secteur de Gouézec - St Thoïs (Karreg-an-Tan, 281 m).

Equivalente de la Formation des "Schistes et Quartzites de Plougastel", les bancs de schistes et quartzites de cette Formation II sont d'épaisseur variable (du centimètre au mètre) et sont composés de schistes à chloritoïde et de quartzites blancs. Un banc plurimétrique de quartzites verts et rouges, situé au sein de cette formation peut localement être suivi cartographiquement (NW de Coat Noemmec [13] et Est de Kerizella). Les schistes à chloritoïde sont relativement grossiers de teinte noire, à reflets bleutés sur cassure fraîche.

*Aspect microscopique* : Les schistes, dans une trame phylliteuse (chlorite, séricite) se développent de nombreuses gerbes de chloritoïdes.

Les quartzites comportent, lorsque les grains très fins de quartz ne sont pas jointifs, une matrice de minéraux néoformés : chlorite, séricite. On note la présence de cubes de pyrite. Les minéraux lourds, souvent dispersés, sont émoussés : zircon, tourmaline.

Datée du Pridoli-Gedinnien (Babin et al., 1979) dans la rade de Brest, la Formation des "Schistes et Quartzites de Plougastel" est caractérisée par un fort taux de sédimentation anormalement élevé pour le Paléozoïque (Plusquellec et Guillocheau dans Guillocheau et Rolet, 1982). L'épaisseur de la formation est estimée à environ 350 mètres. Elle se caractérise également par sa pauvreté en macrofaune.

Remarque : les quartzites verts et rouges cartographiés au sein de cette formation se différencient par une matrice essentiellement chloriteuse ou pigmentée par des oxydes de fer, qui lie les grains de quartz lorsqu'ils ne sont pas jointifs.

## II - 1 - 3 - FORMATION III

Cette unité équivalente de la Formation des "Grès de Landévennec" est datée du Gédinnien par la présence de "*Platyorthis Monnier*". Cette formation est présente dans l'ensemble du synclinorium médian prenant le nom de Grès de Landévennec à l'Ouest du Massif Armoricaïn et Grès de Gahard à l'Est. Son épaisseur est d'environ 90 mètres. Ce sont essentiellement des quartzites ferrugineux, plus ou moins saccharoïdes, de couleur jaune à ocre, sans joints schisteux, où l'on peut reconnaître des figures de bioturbation.

Souvent située dans des dépressions la Formation des "Grès de Landévennec" apparaît peu à l'affleurement. Sur le secteur de Gouézec au SE de Kerouant, elle semble disparaître.

A l'échelle microscopique : on observe principalement des quartz anguleux liés par un ciment ferrugineux (goethite et hématite). Les minéraux lourds sont représentés, essentiellement par des zircons et des tourmalines.

## II - 1 - 4 - FORMATION IV

La coupe la plus représentative de cette unité sédimentaire se situe au niveau de la Butte de Torhoat. Au sommet de cette butte affleure la Formation des "Schistes et Quartzites de Plougastel", puis la formation des "Grès de Landévennec" (document 1, hors texte) ; en se dirigeant vers le Nord, vers le Bassin de Châteaulin, on peut cartographier un ensemble de schistes et quartzites que l'on peut différencier ainsi, avec la succession suivante du Sud vers le Nord :

- des schistes massifs à chloritoïdes
- des schistes à chloritoïdes associés à des quartzites
- des schistes sans chloritoïde associés à des quartzites pyriteux.

Dans les schistes massifs à chloritoïdes, nous pouvons observer un faciès hydrothermal de type chloritite [80, 82], sécant sur l'ensemble de la formation.

Sur l'ensemble du secteur de Gouézec tous les termes de cette formation n'apparaissent pas en continu. Vers l'Ouest, au village de Gouézec, elle se réduit aux schistes à chloritoïdes et quartzites associés [14, 18].

La succession semble la plus complète au niveau de la butte de Torhoat car c'est à cet endroit qu'elle est la plus épaisse à l'affleurement et en sondage (cf. documents 1 et 2, hors texte).

### II - 1 - 4 - 1 - Les schistes massifs à chloritoïde

Ils affleurent dans divers endroits du secteur de Gouézec de chaque côté du Rau de Kerguelen [30, 32] au SE de Kerouant et Torhoat.

Les bancs de quartzites semblent absents et la stratification  $S_0$  n'est pas déterminable sur les affleurements, qui se présentent en masses homogènes.

Les schistes sont de teinte bleue, d'aspect massif, compacts et lourds. Le chloritoïde est visible à l'oeil nu, étant plurimillimétrique.

*A l'échelle microscopique* : L'observation des différents échantillons pris dans cette formation, au microscope optique, fait apparaître deux familles de roches indifférenciables à l'échelle macroscopique.

Dans les deux cas les baguettes de chloritoïde se surimposent à la trame originelle.

Dans un premier cas la trame est composée de phyllites orientées dans une schistosité de flux sur laquelle cristallisent les baguettes de chloritoïde, en gerbes ou isolées. Les phyllites sont représentées par de la séricite et de la chlorite. Dans le deuxième cas la trame originelle est composée de grands cristaux de quartz, de phyllites détritiques ainsi que des minéraux lourds tels que la tourmaline. L'ensemble de ces minéraux est grossièrement orienté dans une schistosité de flux moins marquée que dans le premier cas. Les baguettes de chloritoïde viennent se surimposer à la trame initiale en cristaux isolés, ou elles sont mâclées epitaxiale (photo 1, pl. I). Le chloritoïde apparaît syn à post-schisteux.

#### II - 1 - 4 - 2 - Les schistes à chloritoïde et quartzites associés.

Ils affleurent sur la butte de Torhoat [94, 96] au NE de Menez Brizet, à l'Est de Kerguelen [34, 36] formant des petits chicots rocheux. A l'échelle macroscopique, ils ont sensiblement la même apparence que la Formation des "Schistes et Quartzites de Plougastel". L'ensemble paraît néanmoins d'une puissance inférieure. Les bancs de quartzites sont peu épais et souvent l'alternance est d'échelle millimétrique à centimétrique avec les schistes, donnant à la roche un aspect finement rubané. On peut observer des figures sédimentaires telles que des rides et des phénomènes gravitaires intraformationnels tels que des pseudo-nodules.

A l'échelle macroscopique on observe une variation dans l'abondance de chloritoïde dans les schistes, ainsi que la taille du minéral qui varie : les baguettes de chloritoïde passent d'une taille plurimillimétrique à millimétrique, sur un même point d'affleurement.

*A l'échelle microscopique* : Les schistes : l'observation précédente confirme celles des lames. La taille et l'abondance du chloritoïde varient rapidement. Lorsqu'il est présent le chloritoïde se surimpose en gerbe à une matrice cryptocristalline où les phyllites telles que chlorite et séricite s'orientent dans une schistosité de flux. Le chloritoïde se réoriente dans une schistosité secondaire de type strain-slip.

Les quartzites : ils sont pauvres en chloritoïde. Les grains de quartz non jointifs, de taille inférieure à 200  $\mu$ m, sont cimentés par de fines chlorites et séricites néo-formées. Dans la matrice, quelques minéraux lourds sont présents tels que des tourmalines, des zircons aux contours émoussés. On peut noter également la présence de quelques phyllites détritiques chloritisées. Les rares chloritoïdes observés ont cristallisé en baguettes isolées.

Remarque : la différence d'abondance du chloritoïde entre les bancs de schistes et de quartzites malgré un ensemble finement rubané peut s'expliquer par l'existence d'une zonation chimique.

L'apparition de chloritoïde, en dehors des conditions de température et de pression, est subordonnée à la présence excédentaire d' $Al_2O_3$  dans les sédiments (Sagon, 1976).

Les niveaux les plus fins dans cette formation étaient originellement plus riches en  $Al_2O_3$  que les niveaux plus grossiers. Les premiers ont formé les schistes, les seconds les quartzites.

#### II - 1 - 4 - 3 - Les schistes sans chloritoïde et quartzites associés.

Ils affleurent au Nord de la butte de Torhoat [15, 94, 96] en continuité apparente des

formations précédentes. A l'échelle macroscopique les schistes sont gris clair à sombre mais sans chloritoïde. On note la présence de nombreuses empreintes cubiques ainsi que d'oxydes de fer, indices de la présence initiale de pyrite dans cette roche.

L'alternance des schistes avec les quartzites est centimétrique à pluricentimétrique.

*A l'échelle microscopique* : Les schistes sont essentiellement composés de mica blanc, de quartz cryptocristallin.

Les quartzites sont formés de grains de quartz cimentés par de la chlorite plus ou moins abondante. La forme des grains de quartz est variable mais ce sont les formes anguleuses qui dominent. Les sulfures sont abondants, en particulier la pyrite. Ils sont souvent supposés concordants avec la stratification.

L'absence de chloritoïde est peut être liée à l'abondance des sulfures. F. Aye et D. Lagleize dans leur thèse respective (1983, 1981) ont noté l'absence du chloritoïde dans les niveaux porteurs de la minéralisation.

Remarque : cette formation IV est un ensemble de schistes et quartzites <sup>+</sup> à chloritoïde. On peut noter néanmoins que l'abondance du chloritoïde diminue en montant dans la formation (du Sud vers le Nord) : (zonation chimique ou présence d'une minéralisation au sommet de la formation IV) ou passage latéral de la formation précédente des schistes à chloritoïdes et quartzites associés ? L'étude de l'environnement de la minéralisation pourrait permettre d'élucider ce problème.

## II - 1 - 5 - FORMATION VI

Sur la zone de Gouézec cette formation sédimentaire d'âge carbonifère est représentée par deux faciès. Sur ce secteur elle repose en discordance sur les formations dévoniennes et comporte interstratifiées des formations volcaniques à dominante acide. On observe essentiellement des schistes noirs plus ou moins ampéliteux et des grès feldspathiques.

### II - 1 - 5 - 1 - Les schistes noirs

Ils se présentent parfois décolorés à l'affleurement. Ils sont situés au Nord du secteur dans divers talus et petites carrières aux alentours de Poulbriant, au Sud de Kerdroc'h, au Nord du Cosquer [44].

Ces schistes de teinte vert à noir apparaissent plus ou moins ampéliteux.

*A l'échelle microscopique* : Ces schistes sont composés de minéraux phylliteux orientés dans une schistosité de flux très marquée et ils sont riches en matière organique. Ils contiennent souvent des pyritosphères ainsi que des cristaux cubiques de pyrite.

### II - 1 - 5 - 2 - Les grès feldspathiques

Cet ensemble intercalé dans les schistes précédents. Il apparaît en bancs discontinus. Le faciès est observé à l'affleurement au Nord de Poulbriant [28], au Nord de Roscannou [66] en pierres volantes. C'est en général une roche de teinte claire ponctuée parfois de cristaux de pyrite plurimillimétriques (3 à 5 mm).

*A l'échelle microscopique* : Il s'agit d'une roche immature à ciment abondant composé de paillettes de séricite et chlorite. La phase détritique grossière est constituée de grains de quartz, de feldspaths et de minéraux accessoires. Les feldspaths sont représentés par des plagioclases de type albite. On observe de très grandes muscovites. L'ensemble apparaît peu déformé.

## II - 2 - LES SECTEURS DE ST THOIS ET DE MENEZ-ALBOT

Le secteur de St Thois se caractérise par la présence de volcanites basiques et acides. L'étude de ce secteur permet d'observer le passage des schistes à chloritoïde et quartzites associés de la formation IV aux schistes noirs de la formation VI le long du "Ruisseau de Pont ar C'hlagh". Ce secteur permet également de noter les relations cartographiques entre le volcanisme et ces formations.

Le secteur de Menez-Albot qui a été l'objet d'étude de D. Lagleize dans sa thèse de 3ème cycle (1981), permet d'observer des faciès connus sur la zone de Gouézec, en particulier de la butte de Torhoat.

Il semble que dans ces deux secteurs la formation I n'affleure pas. .

### II - 2 - 1 - LE SECTEUR DE ST THOIS

Du Nord au Sud, les faciès volcaniques sont en contact avec les schistes noirs de la formation VI puis avec les schistes à chloritoïde et quartzites associés de la formation IV [116]. Un nouveau faciès apparaît près de St Thois, à l'Ouest de ce village. Il s'agit de petits blocs de quartzites pluricentimétriques emballés dans une matrice de schistes noirs. Cette formation n'apparaît que très localement sur une vingtaine de mètres de chaque côté de la route St Thois - hameau de Kernéac. Les blocs n'ont aucune disposition particulière.

### II - 2 - 2 - LE SECTEUR DE MENEZ ALBOT

Il n'existe pas de repère stratigraphique précis tel que la "Formation des Schistes et Quartzites de Plougastel". Elle apparaît nettement plus au Sud (fig. 1 et fig. 5).

Les faciès du secteur de Menez-Albot sont représentés par des schistes massifs à chloritoïde, par des schistes à chloritoïdes et quartzites associés semblables aux formations de la butte de Torhoat. Au Nord de la chapelle St Laurent on observe des schistes noirs sans chloritoïde.

En cartographiant, du Sud vers le Nord, de la Chapelle St Laurent à Ty Lann on note la présence d'une "barre" orientée E W de schistes à chloritoïde massifs [72]; puis des bancs centimétriques de schistes à chloritoïde ou à séricite, associées à des quartzites puis on observe des schistes noirs. En continuant la coupe on atteint après ces formations qui donnent de nombreux chicots, une dépression marécageuse, de nouveau, on cartographie des schistes à chloritoïdes associés à des quartzites [92, 160].

Ces données sont insuffisantes pour se positionner dans l'échelle stratigraphique. Par contre dans les travaux antérieurs, en particulier ceux de Barrois (1886) (fig. 5 a), cet auteur note la présence d'un synclinal à coeur carbonifère, inclus dans la Formation des "Schistes et Quartzites de Plougastel". B. Le Gall dans la dernière édition de la cartographie de ce secteur (carte de Gourin à 1/50.000, édition B.R.G.M., 1985) observe également cette formation sédimentaire carbonifère qu'il situe en contact anormal à l'Ouest avec la Formation des "Grès de Landévennec" qui n'affleure pas mais qui a été suivie à l'aide des sondages MAT du secteur Ouest du Menez Albot (Lagleize 1981 ; Kerjean, 1983 document B.R.G.M.).

Sur le secteur de Menez Albot il semble que l'on observe l'équivalent de la forma-

tion IV et de la formation VI. L'ensemble des faciès observés du secteur de Menez Albot pourrait correspondre à des formations situées entre le Gedinnien et la base du Tournaisien inférieur. Les résultats des tentatives de datation micropaléontologiques et palynologiques seront exposés dans le chapitre micropaléontologie.

### III - DESCRIPTION DES FACIES VOLCANIQUES ET DES FACIES HYDROTHERMAUX

L'ensemble de ces faciès volcaniques ayant subi un métamorphisme anchi à épizonal, sur le terrain il a été nécessaire d'adopter pour l'ensemble des basites grenues, un terme général : métadolérite. Au sein de cette catégorie de roches des distinctions ont été effectuées en fonction de la taille du grain.

Pour les faciès acides, seul le terme de volcanite acide a été employé et on a seulement notifié la présence de vacuoles, de fiamme ou de toute autre structure particulière.

#### III - 1 - LE SECTEUR DE GOUZEC

Dans cette zone les faciès volcaniques apparaissent à l'affleurement nettement interstratifiés dans les sédiments environnants.

Inconnus sur le village de Gouezec, à l'affleurement ils peuvent commencer à être observés en bas de la butte de Torhoat : pierres volantes et affleurement.

##### III - 1 - 1 - LE FACIES BASIQUE SITUÉ AU SUD [22, 24, 25, 26, 86] ET AU NORD DE POULBRIANT [63].

Ce faciès est en contact avec les schistes ; il est représenté par une roche verte vacuolaire aux limites volcanisme-sédimentaire, plus massive au coeur du faciès.

*A l'échelle microscopique :*

- Le faciès de bord de coulée [86] : Les lattes de plagioclases sont orientées, d'une taille de 50 à 100 m, se disposent dans un fond chloriteux. On peut observer des squelettes de phénocris-taux actuellement séricitisés, comportant la trace d'un ancien clivage : anciens feldspaths. Les vacuoles sont soit vides, soit remplies de chlorite montrant une forte dispersion dans le bleu, en lumière polarisée. Les dépôts de chlorite sont concentriques et parfois les coeurs de ces vacuoles sont remplis de quartz (photo 2 , pl. I ).
- Le faciès du coeur 25 : les plagioclases sont de taille plus importante, fracturés (photo 3 , pl. I ) et accompagnés de minéraux titanés et sulfurés ; l'ensemble est comme précédemment lié par un fond chloriteux.

### III - 1 - 2 - LA METADOLERITE DE KEROUANT [7, 88]

Elle affleure le long de la route au SE de Kerouant. Elle est intercalée dans une formation de schistes à chloritoïdes. Le contact a une direction N 60. On peut suivre cette métadolérite en pierres volantes au SW de Kermenez. Cette dolérite présente une altération en boules [7]. A l'échelle macroscopique c'est une roche à grain moyen, de teinte verte.

*Aspect microscopique* : La structure apparaît intersertale. Intensément chloritisée il ne subsiste que des reliques de plagioclases indéterminable, de pyroxènes et d'ilménites. On observe de nombreux granules d'épidote, parfois du quartz. L'ensemble est lié par une chlorite de teinte verte polarisant dans les tons bleu-jaune.

Les résultats de diffractométrie R. X. précisent la nature des minéraux :

- le plagioclase est de type albite (An < 10)
- les chlorites sont de type ripidolite (Thorez, 1975).

Cet ensemble doléritique ne semble pas sécant sur la stratification et pourrait se présenter sous la forme d'un sill.

### III - 1 - 3 - LES FACIES VOLCANIQUES ACIDES

Comme les types basiques, ils semblent peu abondants sur le secteur de Gouézec. On observe essentiellement deux faciès :

- Au Sud de Kerdroc'h [54], se présente en pierres volantes une roche peu altérée de teinte claire, comportant de petites vacuoles allongées parallèlement entre-elles et remplies de chlorite.

*A l'échelle microscopique* : la roche apparaît constituée d'un assemblage de quartz et de feldspaths microcristallin, sans phénocristaux. Ces deux constituants sont accompagnés de fines paillettes phylliteuses et leur abondance relative est variable. Les vacuoles sont remplies d'une chlorite jaune-vert, disposée en bouquets.

Les données actuelles sont insuffisantes pour définir le mode de mise en place de cette roche mais il pourrait s'agir d'une lave dont le fond hyalin aurait recristallisé en petits feldspaths.

- Au Sud de Kerdroc'h et de Poulbriant le second faciès affleure en deux points [62, 84].

A l'échelle macroscopique, la roche apparaît de teinte beige à gris. On observe de petites cavités sans forme particulière.

*A l'échelle microscopique* : La roche apparaît constitué de quartz et de feldspaths microcristallins formant le fond de la roche. On observe dans ce fond des quartz de plus grande taille à habitus de "quartz rhyolitique", caractérisés par le développement de petits golfes de corrosion. Quelques sulfures et oxydes apparaissent dans le fond de la roche.

Il pourrait s'agir d'une lave rhyolitique. Les cavités que l'on observe à l'échelle macroscopique peuvent correspondre aux formes fantomatiques des quartz rhyolitiques, dissous postérieurement par les eaux météoriques.

### III - 1 - 4 - LA CHLORITITE DE TORHOAT

Elle affleure sur la butte de Torhoat [80, 82], au niveau de la formation des schis-

tes massifs à chloritoïdes. De couleur noire, le matériel est fin et homogène. La chloritite contient en imprégnation et en veinules de nombreux cristaux de pyrite inframillimétriques. Elle possède de nombreuses veinules de teinte vert pâle très dispersées dans la chloritite.

*A l'échelle microscopique* : L'ensemble de la roche est composée d'un matériel très fin apparaissant moins homogène qu'à l'échelle macroscopique. Des zones plus claires et plus sombres s'observent régulièrement. Les variations de couleur semblent liées à l'abondance de rutile cristallisé en petites baguettes mâclées (sagénite). Le fond de la roche est essentiellement chloriteux, peu cristallisé, et est imprégné de pyrite.

Les filons sont composés essentiellement de plages de chlorite, pléochroïques dans les blanc-bleutés, qui s'imbriquent les unes dans les autres. Ces filons contiennent de la dolomite en petits cristaux et du quartz se présentant en cristaux de grande taille aux contours bien définis et anguleux, polarisant dans les jaunes. Cette formation est probablement d'origine exhalative.

### III - 2 - LE SECTEUR DE ST THOIS

La zone de St Thois constitue proportionnellement le secteur cartographié en volcanites le plus important. On y observe des faciès basiques et des faciès acides qui cartographiquement dessinent des unités d'orientation généralement EW.

Les faciès basiques représentent l'ensemble de la formation V. Ils sont limités à l'Ouest et au Sud par des schistes à chloritoïde appartenant à la formation IV. A l'extrême Est du secteur ces faciès basiques sont en contact avec des schistes noirs de la formation VI.

Les faciès acides sont très localisés à deux zones :

- au Nord du Cosquer où ces roches volcaniques acides affleurent en carrière et en pierres volantes. Elles sont en contact au Sud avec des schistes noirs, exploités autrefois en carrière, et elles sont également en contact plus au Nord avec des schistes noirs observés en pierre volantes et en affleurement 44.
- au Sud de Kervern des faciès identiques aux précédents sont observables uniquement en pierres volantes, et ils sont en contact avec les roches basiques de la formation V.

#### III - 2 - 1 - LES FACIES BASIQUES : LA FORMATION V

En cartographiant le secteur de St Thois nous avons observé une variation de la taille du grain dans ces roches et il nous a semblé intéressant de tenter de limiter des zones isogranulométriques. Les faciès sont essentiellement représentés par des métadolérites (cf. II - 3).

##### III - 2 - 1 - 1 - Les métadolérites à grain grossier [120, 122]

Ces roches ont été observées essentiellement à l'Ouest de Kermac'h Quai. Elles sont de teinte verte. Les plagioclases sont visibles à l'oeil nu ; ils atteignent une taille de 3 à 4 mm et ils sont généralement blancs mais parfois ils sont de teinte rose. Ces plagioclases sont noyés dans une mésostase verdâtre.



*A l'échelle microscopique :*

La structure de la roche est essentiellement intersertale et granulaire.

. Les plagioclases : ils sont de nature albite ( $An < 10$ ). Ils sont mâclés polysynthétiques, non zonés ou bien ils sont parfois mâclés péricline (photo 4, pl. I).

. Les pyroxènes : de type clinopyroxène ils sont représentés par l'augite. Sur les bords ou le long des clivages, les pyroxènes sont ouralitisés. L'augite est alors remplacée le plus souvent par de l'ouralite (amphibole) ou par des chlorites très fines.

Cette altération entraîne également une destabilisation des plagioclases : entre les mâcles de fines aiguilles de chlorite cristallisent.

Remarque : l'ouralitisé, en général s'accompagne d'un abaissement de la teneur en anorthite (An) des plagioclases (Roubault, 1982). Les plagioclases observés sont actuellement acides ( $An < 10$ ) mais originellement ils pouvaient être plus basiques.

L'épidote : elle paraît pléochroïque dans les verts et se présente en cristaux trapus ; elle est de type pistachite.

Les chlorites : de teinte vert pâle en lumière naturelle, elles polarisent dans les bleus. Elles occupent les interstices et peuvent parfois former de grandes plages composées d'un enchevêtrement de fibres groupées en gerbes.

L'ilménite : elle forme de nombreux minéraux squelettiques parfois leucoxénisés.

L'apatite se présente en faible quantité.

III - 2 - 1 - 2 - Les métadolérites à grain moyen [40, 50, 102, 108, 128, 132, 136, 138, 140, 150, 152].

Dans ce type de roche c'est la "classe granulométrique" la mieux représentée. Même en carrière [50] nous n'avons pas observé de pillow-lava.

A l'échelle macroscopique la texture est grenue comme précédemment mais déjà les feldspaths sont moins visibles que dans les faciès à grains grossiers ; ils atteignent une taille comprise entre 1 et 2 mm au grand maximum. De teinte verte, ces roches sont plus moins schistosées, l'altération varie également.

*A l'échelle microscopique :* toutes les structures doléritiques sont représentées. On peut passer très rapidement d'une structure à une autre, à l'échelle de la lame mince.

L'intersertale est la plus fréquemment observée. Les lattes de plagioclases forment des petits espaces polygonaux, remplis par des minéraux colorés ou par une mésostase.

- Les plagioclases : ils ne sont pas zonés et ils ont souvent une apparence "creuse" (photo 5, pl. I). Le long des clivages et au coeur des sections basaltes, des zones sombres apparaissent. Il pourrait s'agir de verre volcanique (Mac Kenzie, 1982; Thonon, communication orale), emprisonné dans les plagioclases.

Parfois ils se disposent à partir d'un point central d'une façon divergente, formant des "sphérules". Chaque plagioclase à son orientation optique.

Le plagioclase est de nature albitique ( $An < 10$ )

- Les pyroxènes : de type augite, ils sont plus ou moins ouralitisés. On observe parfois de très belles augites mâclées (photo 6, pl. I).

Les autres minéraux sont représentés par de l'épidote, de l'ilménite, de l'apatite et parfois du quartz.

Deux échantillons [138, 140], diffèrent légèrement au niveau de la texture, à l'observation microscopique.

Ces roches cartographiées comme métadolérites à grain moyen, comportent, essentiellement des microlites feldspathiques, sans orientation particulière, qui sont noyés dans un fond chloriteux sans pyroxène ni épidote. L'échantillon 138 permet l'observation de vacuoles remplies de chlorites ferrières qui cristallisent en gerbe.

### III - 2 - 1 - 3 - Les métadolérites à grain fin [123, 124, 48]

On peut les observer principalement à la limite des faciès sédimentaires, à l'Ouest de Kermac'h Quai, au Sud de Zabret et à l'Est de Kerlogan. De teinte vert clair, ils se débitent souvent en plaquettes d'épaisseur millimétrique. Ils présentent des petites taches blanches correspondant aux minéraux visibles à l'oeil nu (petits feldspaths et petits cristaux de quartz) et ils contiennent de nombreux grains d'oxydes.

A l'échelle microscopique, ces roches sont identiques à celles observées sur la zone de Gouézec en particulier au Sud de Poulbriant (cf. II - 3 - 1 - 2). Elles sont souvent plus altérées et on observe seulement de petits plagioclases noyés dans un fond chloriteux imprégné d'oxydes.

Cartographiquement ces roches semblent appartenir à la même structure volcanique. Leur étude géochimique permettra de confirmer leur appartenance à la même lignée magmatique.

### III - 2 - 2 - LES FACIES VOLCANIQUES ACIDES

Situés au Nord du Cosquer et au Nord de Kervern ces roches volcaniques de nature acide peuvent être regroupées en différents types.

#### III - 2 - 2 - 1 - La brèche autoclastique [100 a]

Cette brèche affleure dans la partie Nord de la carrière située à l'Ouest de Kermac'h Quai. De teinte gris verdâtre elle est composée d'éléments anguleux de même nature, de taille plurimillimétrique qui sont liés par un ciment chloriteux. Elle est parcourue de filonets d'oxydes de fer et elle comporte de nombreuses empreintes cubiques de pyrite.

A l'échelle microscopique : Les éléments de la brèche sont composés de nombreux petits sphérules de quartz et de petits microlites de feldspaths qui s'orientent dans un fond chloriteux cryptocristallin. Les éléments sont liés par un mésostase quartz-chloriteux. On observe quelques vacuoles remplies de chlorites très ferrières ou de cristaux de quartz (photo 7, pl. II).

#### III - 2 - 2 - 2 - Les faciès vacuolaires [110 b, 46 b]

Ils sont de teinte blanc-jaunâtre. Les roches comportent des vacuoles parfois centimétriques mais toujours aplaties. Elles sont remplies de quartz et de chlorite. Autour de celles-ci apparaît une zone blanche plurimillimétrique. Des filonnets d'oxydes soulignent la limite de cette zone (photo 8, pl. II).

*A l'échelle microscopique* : Le fond de la roche est à structure microlitique, composé essentiellement d'un enchevêtrement de feldspaths dont la nature est indéterminable au microscope, de quartz à formes trapues, et de fines paillettes de chlorite.

Les vacuoles sont remplies par des gerbes de chlorite, ou par des cristaux de quartz et des gerbes de chlorite, ou bien essentiellement par du quartz.

Les zones blanches qui apparaissent autour des vacuoles correspondent à l'observation de fines paillettes de séricite (photo 9 , pl. II ). Par conséquent, ces zones correspondent à une séricitisation autour de ces vacuoles.

L'origine de la séricitisation peut être liée à un phénomène d'altération (et) ou hydrothermal.

### III - 2 - 2 - 3 - Les faciès à "flûtes" de chlorite [38, 46 a, 46 c, 90, 100 b, 104 106]

Les "flûtes" de chlorite diffèrent des vacuoles par leur forme plus anguleuse. Les roches sont de teinte blanchâtre et les "flûtes" peuvent atteindre plusieurs centimètres de longueur (photo 10 , pl. III).

Ces dernières sont toutes parallèles entre elles et soulignent la fluidalité.

*A l'échelle microscopique* : On observe un enchevêtrement de feldspaths. Certaines zones apparaissent plus riches en feldspaths que d'autres. Cette hétérogénéité d'abondance doit être liée à la présence de structures volcaniques primaires liées au mode de mise en place. Dans la roche elle-même, la chlorite est plus ou moins présente.

Les "flûtes" sont remplies de très belles gerbes de chlorite de teinte jaune-vert. On note également la présence de quartz. Certains échantillons [100 b] comportent une légère minéralisation qui se présente disséminée ; on observe essentiellement de la pyrite. On note également la présence de zones étendues d'oxydes.

Ces deux derniers faciès semblent peu différents à l'échelle microscopique. Si on ôte les structures vacuolaires et les "flûtes" de chlorite, le fond de la roche apparaît identique.

Les grandes "flûtes" de chlorite peuvent évoquer les fiammes des ignimbrites (Moseley, 1983, p. 24) mais les indices de terrain sont insuffisants pour confirmer une telle interprétation.

Les enchevêtrements de feldspaths, irréguliers en abondance forment des "nids" qui peuvent correspondre à des éléments de tuf.

Cet ensemble de faciès a pu se déposer en milieu aérien ou sub-aérien et subir un refroidissement rapide. Le faciès bréchique serait plutôt caractéristique de la proximité de la zone d'émission.

### III - 2 - 3 - LA CHLORITITE DE KERMAC'H QUAI

Observée dans la carrière de Kermac'h Quai dans l'environnement volcanique acide décrit précédemment, elle diffère des faciès hydrothermaux présents dans le secteur de Gouézec par la présence de quartz (plus ou moins abondant), apparemment d'origine volcanique. La différence peut être la conséquence de la variation de nature de la roche dans laquelle les chloritites se sont mises en place.

### III - 3 - LE SECTEUR DE MENEZ ALBOT

#### III - 3 - 1 - LE FACIES BASIQUE [52, 92] de la "Roche"

Il affleure à l'Ouest de la "Roche" entre deux zones de schistes à chloritoïdes. C'est une roche très oxydée. On peut observer de petits feldspaths millimétriques qui sont noyés dans une pâte rougeâtre.

*A l'échelle microscopique* : Cette roche est très altérée et la déformation qui l'affecte correspond à une déformation de stade mylonitique. Il ne reste que des plagioclases de type albite disposés dans des plans parallèles. Ces plagioclases sont fracturés, flexurés. Les plans C et S sont nettement distincts. La matrice qui lie tous ces minéraux, est composée de quartz, chlorite et d'oxydes de fer. De nature basique cette roche devait être originellement une dolérite.

#### III - 3 - 2 - LE FACIES VOLCANIQUE ACIDE

Ce faciès affleure à Seac'h Segal [168, 170] en pierres volantes formant des zones blanches contrastant avec un environnement de schistes à chloritoïde apparaissant noirs. Elle a été cartographiée par D. Lagleize (1983) comme lave porphyrique (échantillon 128). Elle est de teinte blanc-jaunâtre ; elle comporte fréquemment des phénocristaux de quartz ou de muscovite.

*Aspect microscopique* : La roche est constituée de feldspaths et de micas blanc. La disposition de ces minéraux forme un puzzle constituant sur l'ensemble un quadrillage. Les phénocristaux de quartz ont un habitus rhyolitique. Les muscovites qui apparaissent de taille plurimillimétrique sont, soit isolées dans la pâte de la roche, soit associées aux quartz.

Cette roche qui affleure au Sud du secteur de Gouézec, à l'échelle microscopique présente la même texture que celle observée dans les échantillons [62] et [84]. Il semble néanmoins que les prélèvements 168 et 170 soient significatifs d'un faciès moins altéré.

Elle peut être représentative d'un tuf rhyolitique ou d'un microgranite mais les critères cartographiques sont insuffisants pour l'affirmer. B. Le Gall (1985) dans la carte géologique à l'échelle 1/50.000<sup>ème</sup> de Gourin, cartographie ces roches en microgranite intrusif dans les formations d'âge fini-dévonien, en relation avec la présence au Sud du Massif granitique de Landudal.

### III - 4 - RAPPELS

Toutes ces roches volcaniques acides ou basiques sont situées à la limite des formations dévoniennes IV et carbonifères VI. Leur mode de mise en place est difficile à établir uniquement à partir des données de surface. Les sondages fournissent un complément d'information appréciable dans la mesure où ils permettent l'étude d'un matériel bien conservé ainsi que les relations mutuelles entre les divers faciès.

### IV - LES FACIES OBSERVES UNIQUEMENT EN SONDAGE ET APPORT DE NOUVELLES DONNEES SUR LES FACIES AFFLEURANTS.

Cinq sondages ont été implantés d'Est en Ouest sur le secteur de Gouézec. Regroupés à l'Ouest du "Rau de Kerguelen", et en particulier autour de la Butte de Torhoat (document 1,

hors texte). Tor 4 est le sondage situé le plus à l'Ouest, Tor 3 se situe à l'Est de Raouennic, et Tor 2, Tor 1 et Tor 5 sur la ferme de Torhoat.

Tor 1, Tor 2, Tor 3, Tor 4 sont orientés N 0 ou N 180. Seul Tor 5 possède une orientation N 30. Les coordonnées géographiques des différents sondages sont :

|       |               |                        |
|-------|---------------|------------------------|
| Tor 1 | 48° 9' 58'' N |                        |
|       | 3° 57' 6'' W  | orientation NS         |
| Tor 2 | 48° 9' 49'' N |                        |
|       | 3° 57' 10'' W | orientation SN         |
| Tor 3 | 48° 10' 2'' N |                        |
|       | 3° 57' 40'' W | orientation NS         |
| Tor 4 | 48° 10' 7'' N |                        |
|       | 4° 1' 6'' W   | orientation NS         |
| Tor 5 | 48° 9' 58'' N |                        |
|       | 3° 57' 1'' W  | orientation N 30 - 210 |

Un autre sondage a été implanté au cours de cette étude, sur le secteur de Menez-Albot. Il est situé à l'Ouest de la Chapelle St Laurent. Dénommé Mat 9, il possède comme coordonnées géographiques : 48° 7' 53'' N  
3° 33' 0'' W

Son orientation d'implantation est pratiquement SN (N 180). Lors de la description des différents faciès les cotes de sondage situant l'échantillon sont introduites permettant de positionner celui-ci. Tous les sondages sont dessinés hors texte (documents 2, 3, 4, 5, 6).

#### IV - 1 - LES FACIES SEDIMENTAIRES

Les sondages permettent l'observation de faciès sédimentaires très sensibles à l'altération et invisibles en surface tels que des calcaires et des schistes tendres. Ils facilitent également l'observation de figures et structures, sédimentaires ou tectoniques.

L'observation la plus importante est par la mise en évidence d'une formation claire, épaisse et dans l'ensemble homogène. Elle est composée de schistes sericito-chloriteux. Quelques faciès particuliers de cette formation peuvent être décrits séparément. Selon l'orientation des sondages, elle est présente en début (Tor 3 et Tor 1), en fin (Tor 2), et sur l'ensemble de Tor 5.

Elle détient un intérêt important car elle possède des passages minéralisés massifs et des formations hydrothermales (riches en Mg). On peut également noter la présence de passages volcaniques délimités et de niveaux de schistes noirs plus ou moins ampéliteux. Les faciès particuliers sont de deux types :

- un faciès bréchique
- un faciès comportant des piquetis de dolomie.

#### IV - 1 - 1 - LA FORMATION DE SERICITO-CHLORITO-SCHISTES

##### IV - 1 - 1 - 1 - Caractères généraux

C'est un ensemble clair, plus ou moins compact essentiellement formé d'un matériel

très fin.

A l'échelle microscopique : On observe un fond microcristallin composé de quartz, de séricite et de chlorite (photo 11, pl. III). On peut remarquer l'abondance de sulfures et d'oxydes, en particulier de rutile mâclé sagénite.

L'ensemble des minéraux est orienté dans une schistosité de flux. Autour des grains de quartz on peut observer des zones de pression. Il existe une seconde schistosité de type strain slip à fracture perpendiculaire à la première. Elle remobilise les sulfures et les oxydes.

De nombreux diagrammes de diffractométrie des R. X. ont été réalisés, aucun feldspath n'a pu être mis en évidence ; la présence de quartz, de chlorite, de séricite, de rutile, de pyrite a été confirmée.

#### IV - 1- 1 - 2 - Le faciès bréchique

Très localisé dans le sondage Tor 2 il apparaît entre les cotes 198,90 et 206 m. Il est composé de clastes noirs et de clastes de teinte gris clair, parfois pluricentimétriques parallèles entre eux, inclus dans une matrice claire schistosée.

A l'échelle microscopique : Les clastes noirs apparaissent plus ou moins sombres. Ils sont structurés, comportant des petits quartz et des pyrites entre des films noirs très fins. Ces films soulignent une schistosité ou un litage. Ces clastes noirs ont souvent des terminaisons effilochées (photo 12, pl. III). Ils sont affectés d'une seconde schistosité qui recoupe les premières structures. Les clastes clairs sont composés essentiellement de quartz et de sulfures. Ils ne sont pas structurés comme les clastes noirs et ne sont pas affectés par une schistosité. Leurs extrémités sont arrondies (photo 13, pl. III).

La matrice est essentiellement composée de quartz, de séricite et de chlorite. Elle est imprégnée de pyrite millimétrique. Ce sulfure a tendance à s'accumuler sur les bords des clastes. La matrice comporte une schistosité de flux reprise par une seconde schistosité de strain slip. Elle semble identique à la matrice de la formation sans claste.

Les résultats des diagrammes de diffractométrie aux R. X. ont confirmé les observations microscopiques.

Sur ce faciès très particulier, une étude à la microsonde CAMEBAX, en faisceau défocalisé a été envisagée sur les différents éléments de cette brèche.

Les résultats sont les suivants :

| CONSTITUANT                    | CLASTE NOIR |       |       |       |       |           |          | CLASTE CLAIR |       |       |           |          | MATRICE |       |       |           |          |
|--------------------------------|-------------|-------|-------|-------|-------|-----------|----------|--------------|-------|-------|-----------|----------|---------|-------|-------|-----------|----------|
| N° ANALYSE                     | 27          | 28    | 29    | 30    | 31    | $\bar{x}$ | $\sigma$ | 32           | 33    | 34    | $\bar{x}$ | $\sigma$ | 35      | 36    | 37    | $\bar{x}$ | $\sigma$ |
| SiO <sub>2</sub>               | 77,82       | 83,45 | 73,66 | 50,70 | 84,28 | 60,77     | 32,73    | 91,08        | 89,15 | 91,24 | 90,49     | 1,16     | 50,74   | 68,92 | 62,83 | 60,83     | 9,25     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 10,62       | 7,96  | 10,57 | 24,86 | 7,36  | 12,27     | 7,19     | 3,68         | 5,22  | 3,39  | 4,09      | 0,98     | 26,52   | 17,47 | 22,34 | 22,12     | 4,54     |
| FeO                            | 0,89        | 0,52  | 2,75  | 1,36  | 0,73  | 1,25      | 0,89     | 0,51         | 0,80  | 0,10  | 0,46      | 0,35     | 1,82    | 1,26  | 0,73  | 1,27      | 0,54     |
| MnO                            | 0           | 0     | 0,09  | 0,14  | 0     | tr        | -        | 0,04         | 0     | 0     | tr        | -        | 0       | 0,05  | 0,02  | tr        | -        |
| MgO                            | 2,87        | 1,78  | 2,85  | 0,83  | 1,68  | 2,00      | 0,86     | 0,26         | 0,15  | 0,26  | 0,22      | 0,06     | 6,56    | 3,83  | 2,53  | 4,31      | 2,07     |
| CaO                            | tr          | 0     | 0     | 0,05  | 0     | tr        | -        | -            | tr    | 0,04  | tr        | -        | 0,01    | 0,02  | 0     | tr        | -        |
| Na <sub>2</sub> O              | 0,23        | 0,14  | 0,18  | 0,71  | 0,1   | 0,27      | 0,25     | 0,07         | 0,08  | 0,09  | 0,08      | 0,01     | 0,53    | 0,32  | 0,58  | 0,48      | 0,14     |
| K <sub>2</sub> O               | 2,05        | 1,51  | 2,11  | 6,09  | 1,57  | 2,66      | 1,93     | 0,92         | 1,35  | 0,93  | 1,07      | 0,24     | 5,37    | 3,55  | 5,37  | 4,76      | 1,05     |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,20        | 0,13  | 0,18  | 1,03  | 0,06  | 0,32      | 0,40     | 0,07         | 0,10  | 0,04  | 0,07      | 0,03     | 0,06    | 0,05  | 0,03  | 0,05      | 0,01     |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0           | 0,04  | 0,06  | 0,02  | 0,06  | tr        | -        | 0,07         | 0     | 0     | tr        | -        | 0       | 0     | 0     | 0         | -        |
| TOTAL                          | 94,70       | 95,54 | 92,54 | 85,79 | 95,83 | -         | -        | 96,56        | 96,85 | 96,10 | -         | -        | 91,61   | 95,48 | 94,45 | -         | -        |

Tableau 3 : Analyse des différents-constituant du faciès bréchique : Tor 2 205,90b

(microsonde CAMEBAX Ouest).

Il apparaît très nettement que les clastes noirs ont une composition hétérogène (la moyenne n'a aucune signification). Cette hétérogénéité a été observée au microscope. Les films noirs sont les points d'analyses où les valeurs sont les plus faibles en  $\text{SiO}_2$  mais les plus riches en  $\text{TiO}_2$ .

Les interfilms sont plus riches en  $\text{SiO}_2$ , ce qui correspond à l'observation de petits quartz.

Les clastes clairs sont hypersiliceux.

La matrice est nettement plus riche en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  que les clastes noirs et clairs. Cette abondance d' $\text{Al}_2\text{O}_3$  se traduit optiquement par l'apparition de phyllites (chlorite - séricite).

On peut comparer la composition de la matrice à celle des roches sédimentaires du Massif Armoricaïn :

|                         | A     | B      |
|-------------------------|-------|--------|
| $\text{SiO}_2$          | 56,50 | 65,74  |
| $\text{Al}_2\text{O}_3$ | 23,42 | 15,78  |
| $\text{Fe}_2\text{O}_3$ | 6,81  | 4,66   |
| MnO                     | 0,03  | 0,03   |
| MgO                     | 1,15  | 0,87   |
| CaO                     | 0,23  | 3,14   |
| $\text{Na}_2\text{O}$   | 0,71  | 0,43   |
| $\text{K}_2\text{O}$    | 3,42  | 2,38   |
| $\text{TiO}_2$          | 1,16  | 0,88   |
| $\text{P}_2\text{O}_5$  | 0,13  | 0,10   |
| P. F.                   | 6,38  | 6,69   |
| Total                   | 99,94 | 100,07 |

Tableau 4 . -A : Composition géochimique  
moyenne des schistes du domaine  
Centre Armoricaïn (Dabard, 1983)  
B : Composition géochimique  
moyenne des roches sédimentaires  
du domaine Centre Armoricaïn  
(Dabard, 1983)

La composition de la matrice diffère peu des compositions moyennes des roches sédimentaires observées dans le domaine Centre Armoricaïn. Sa teneur en alumine est comparable à celle des schistes. La composition se caractérise également par des valeurs élevées en MgO et  $\text{K}_2\text{O}$ , éléments situés dans les phyllites.

#### IV - 1 - 1 - 3 - Le faciès à "piquetis" de dolomie

Ce faciès est très limité au sondage Tor 2. Il apparaît aux abords des formations hydrothermales qui sont très riches en dolomie (document 2, hors texte). Les "piquetis" de dolomie sont formés de petits cristaux groupés. Ils sont disposés assez régulièrement dans la roche. Ils sont légèrement aplatis. Cet assemblage de dolomie n'a pas de forme précise (en particulier de forme fossilifère).

A l'échelle microscopique : Il s'agit d'un assemblage de cristaux de carbonates englobés dans une matrice composée de séricite, de chlorite et de quartz, semblable aux formations décrites précédemment (cf. IV. 1. 1., IV. 1. 2.).

Cette formation à "piquetis" de dolomie n'a été observé qu'à la proximité des for-

mations hydrothermales à dolomie. L'origine hydrothermale du carbonate n'est pas à exclure.

#### IV - 1 - 1 - 4 - Position stratigraphique et origine du faciès à schistes séricito-chloriteux

Lorsque l'on étudie les sondages, il est important de pouvoir se situer dans l'échelle stratigraphique.

Ce faciès n'apparaît pas à l'affleurement.

Les séricito-chlorito-schistes apparaissent en fin de sondage Tor 2 et sont limités à la base par des schistes et quartzites minéralisés appartenant à la formation IV (cf. II. 1. 4. 3.) et au sommet par des schistes noirs appartenant à la formation VI (schistes cartographiés à l'affleurement au Nord de la butte de Torhoat). Dans ce sondage ce faciès débute par une brèche qui fait suite à une zone tectonisée (document 2, hors texte). Dans Tor 1 il apparaît en début de sondage et est également précédé par une faille (fin de Tor 1).

Dans Tor 5 il est présent dans tout le sondage. Des schistes noirs sont intercalés dans ce faciès.

Dans Tor 3 il apparaît en début de sondage et des schistes noirs s'intercalent entre ce faciès et la faille qui sépare ces schistes noirs (formation VI), des séricito-schistes ± à chloritoïdes qui appartiennent à la formation IV (cf. II. 1. 4. 2.).

Il est absent dans le sondage Tor 4.

Les sondages ont été projetés à la surface et l'environnement cartographié (en affleurements et pierres volantes) a été précisé (fig. 7) :

L'épaisseur de ce faciès est maximale dans Tor 1, Tor 2 et Tor 5 il semble disparaître vers l'Ouest.

Il apparaît "discordant" dans Tor 1 et Tor 2 sur la formation IV (contact tectonique). Dans Tor 3 il repose sur les schistes noirs qui sont eux-même discordants (cf. I. 2.) sur la formation IV, étant attribués à la formation VI (cartographiés au Nord de Raouennic).

Les séricito-chlorito-schistes apparaissent interstratifiés dans les schistes noirs de la Formation VI, ceci justifie leur appartenance à celle-ci.

Quelle est l'origine de ce faciès ?

Ce faciès est caractérisé par une puissance variable et par une composition monotone : chlorite, séricite et quartz ; parfois le rutile abonde anormalement. Le matériel est toujours très fin.

En dehors de faciès volcaniques et de faciès hydrothermaux qui seront décrits ultérieurement (cf. IV. 2, IV. 3.) aucune structure particulière (volcanique ou sédimentaire) n'est identifiable. Il semble que les déformations successives aient effacé toute structure primaire potentielle.

Aucune rupture n'est observée entre les séricito-chlorito-schistes et les faciès volcaniques.

On peut donc envisager une affinité volcanique : ils représenteraient, dans ce cas, une épaisse série de cinérites très fines. Cette interprétation reste cependant fragile ; c'est pourquoi le terme de séricito-chlorito-schiste sera seul retenu.

Remarque sur les clastes décrits dans le faciès bréchique : En dehors de la brèche ils apparaissent dans le faciès à séricito-chlorito-schistes d'une façon plus ou moins discrète. Leur taille varie, parfois centimétriques dans Tor 5, 230 m). Ils ne sont pas accompagnés de clastes clairs comme dans le faciès bréchique. Leur forme varie également ; ils sont moins réguliers et ils



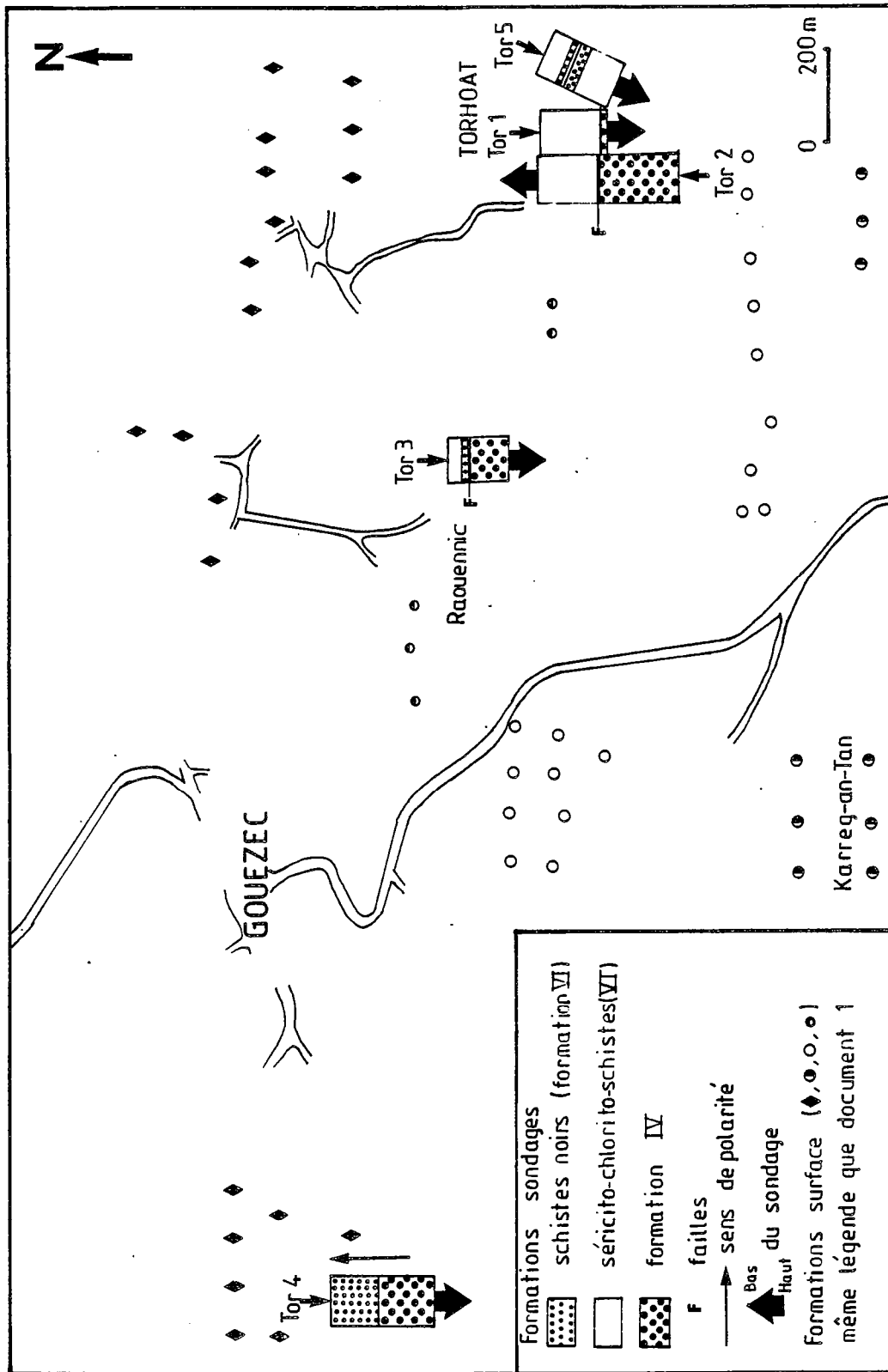


Figure 7 : Position de la formation à sérictro-chlorito-schistes dans les sondages Tor 1, Tor 2, Tor 3 et Tor 5 .

semblent parfois coalescents.

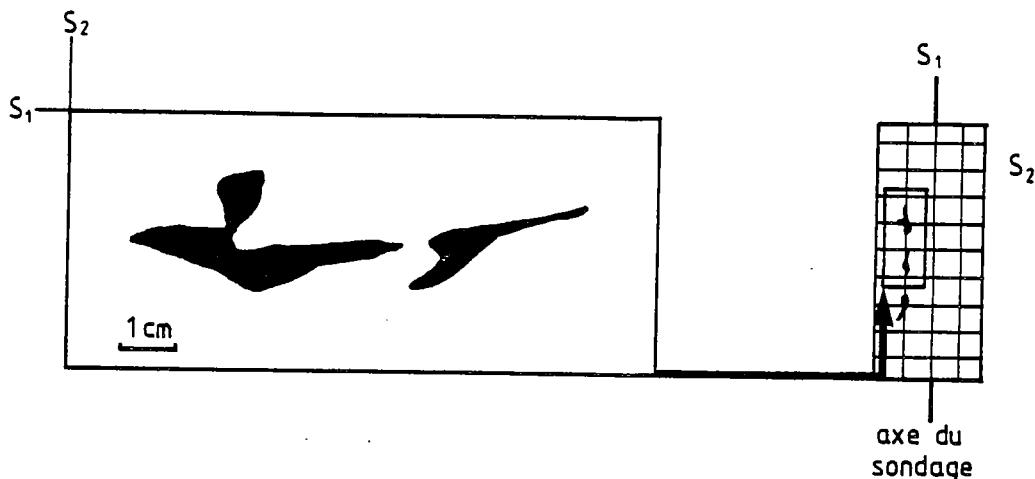


Fig. 8 . - Forme de clastes noirs (Tor 5, 201,75 m).

#### IV - 1 - 2 - Les faciès à calcschistes et schistes noirs

Cet ensemble est inclu dans les schistes massifs à chloritoïde de la formation IV. Il apparaît entre 130,50 et 138,50 m dans le sondage Tor 2 entre 134,75 et 140 m dans Tor 3 et vers 170 m dans Tor 4 (cf. documents 2, 3, 4, hors texte). Ce faciès renferme des articles de crinoïdes observables à l'oeil nu, mais ils sont difficilement déterminables car ils ont subi une déformation parfois importante (Cl. Vuillemin, communication orale).

A l'échelle microscopique : Les articles de crinoïde sont noyés dans une matrice carbonatée. Les niveaux schisteux sont composés de films noirs très fins et pyriteux.

D'après une étude du B.R.G.M. effectuée par Y. M. Le Nindre (1985), cette roche correspond à une encrinite granoclassée, sa nature et son mode de dépôt étant significatifs d'un environnement circalittoral à talus, avec influence turbiditique possible. Cependant aucun indice stratigraphique n'est apporté par ces informations.

Des recherches micropaléontologiques ont été entreprises dans les schistes noirs intercalés dans les calcschistes. Les résultats seront exposés dans le chapitre micropaléontologie.

#### IV - 1 - 3 - Informations sédimentaires complémentaires

Les schistes massifs à chloritoïde apparaissent dans leur plus grande extension dans Tor 2 et Tor 3. Leur puissance respective est de 60 mètres dans le premier et de 42 mètres environ dans le second. Cet ensemble épais se caractérise par des variations dans l'abondance du chloritoïde. Aucun banc de quartzite n'est observé.

L'ensemble de schistes et quartzites observés à la surface [94, 96] laisse apparaître dans Tor 3 et Tor 2 une légère minéralisation à Pb, Zn, Cu et Fe (plus importante dans Tor 3).

les sulfures sont dissiminés dans la roche, ou lités. On observe une granocroissance dans Tor 2, les quartzites deviennent dominants en montant dans la série (document 2, hors texte).

#### IV - 2 - LES FACIES VOLCANIQUES

Ils apparaissent en fin de sondage Tor 2, en début de sondages Tor 1, Tor 3 et Tor 5. Ils sont inclus dans la formation de séricito-chlorito-schistes.

Différents faciès sont observés, inconnus à la surface.

##### IV - 2 - 1 - Le faciès ignimbristique

Ce faciès apparaît entre 372 et 380 m dans le sondage Tor 2 sans schistosité apparente mais concordant avec les formations inférieures et supérieures. Il est compact et de teinte claire et aphanitique.

Il apparaît vers 32 mètres dans Tor 3 mais il est moins puissant que précédemment (quelques dizaines de centimètres).

Dans Tor 1 ce faciès ignimbristique est déterminable à deux cotes différentes : vers 99 mètres et vers 120 mètres. Dans ce sondage, les niveaux minéralisés sont localisés entre ces cotes.

*A l'échelle microscopique* : En lumière naturelle, une texture volcanoclastique apparaît nettement dans Tor 2. On observe de très belles échardes en formes de X, de Y (photo 14, pl.

IV) qui s'accumulent d'une façon désordonnée dans la roche. Les signes de soudure entre les échardes sont insignifiants. De nombreuses échardes comportent une cavité interne spacieuse ; peu aplaties ces échardes n'ont pas subi de déformation. L'ensemble est lié par une mésostase.

Dans Tor 3 et Tor 1 des difficultés se sont présentées à l'observation de ces échardes. Il a été nécessaire d'accentuer les contrastes, en colorant la lumière transmise à l'aide d'un filtre vert. Des petits axiolithes sont apparus. Ils sont soudés entre eux et le matériel est dans l'ensemble plus fin que dans Tor 2.

Cette difficulté d'observation semble due à une déformation plus intense que dans Tor 2. Le matériel est moins épais que dans Tor 2 et il a été plus sensible aux schistosités qui l'ont affecté.

Ce faciès uniquement observé en sondage est à rapprocher des faciès observés sur la zone de St Thoïs : les faciès volcaniques acides à "flûtes" de chlorite (ressemblant à des flammes).

##### IV - 2 - 2 - Le tuf rhyolitique

Le sondage Tor 1 débute par une épaisse zone altérée. Les caractères volcaniques dans cette partie de sondage sont parfois visibles (petits quartz rhyolitiques). Néanmoins toute cette zone n'est pas volcanique elle contient le faciès à séricito-chlorito-schistes.

A la limite des schistes noirs le passage est accentuée par une zone oxydée et par une variation des schistosités. La schistosité S<sub>2</sub> de type strain-slip ne semble pas affecter la

pas affectée la volcanite (fig. 9) : ceci est dû probablement à une différence de compétence du matériel.

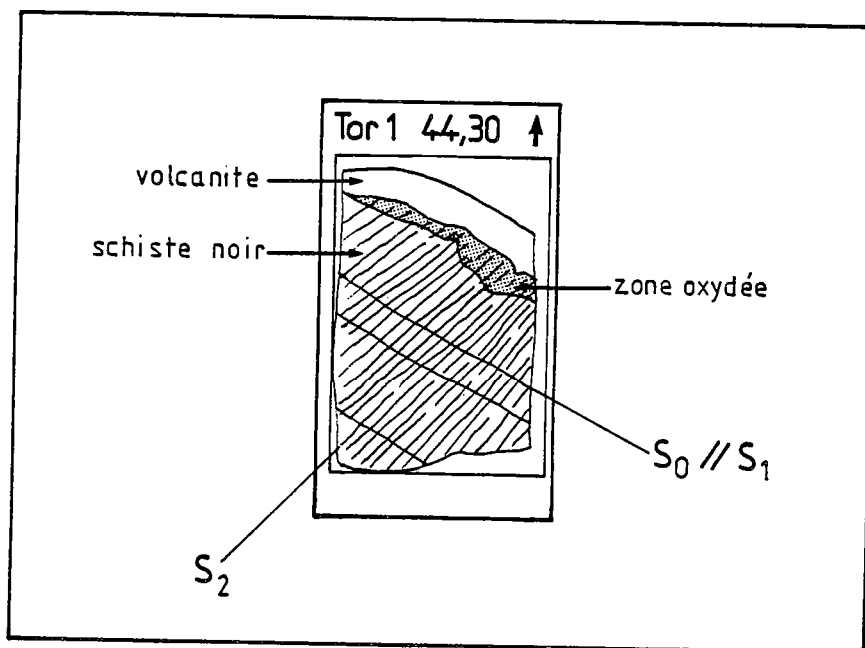


Fig. 9 . - Limite entre une volcanite et un schiste noir (Tor 1, 44,30 m).

Vers 68,50 m on observe une roche gris-blanc comportant de nombreux phénocristaux.

*A l'échelle microscopique* : On observe de superbes quartz à habitus rhyolitique noyés dans un ensemble quartzo-phylliteux (photo 15 , pl. IV )

Cette roche ressemble aux faciès observés sur le terrain à l'Est des sondages [62, 84] ainsi qu'à ceux de Seac'h Segal [168, 170] . Les quartz rhyolitiques sont plus nombreux dans ce faciès, observé en sondage.

Cette volcanite est présente de nouveau dans le sondage Tor 1 entre 65 et 80 mètres.

L'analyse chimique de ce faciès est porté en annexe A. (Tor 1 68,50)

#### IV - 2 - 3 - Informations volcaniques complémentaires

En début de sondage Tor 5 on observe entre des zones de récupération des sondages très difficiles, une roche de type vaculaire sensiblement identique au faciès 110 (décrit III. 2. 2.), vers la cote 12,60. On remarque de nombreuses similitudes d'aspect. Les vacuoles sont toutefois moins aplaties. Ceci pourrait correspondre à l'éventuel prolongement de l'extension du faciès observé au Nord du Cosquer, à la butte de Torhoat.

#### IV - 3 - LES FACIES HYDROTHERMAUX

On observe des faciès différents :

- un de type chloritite identique à celui affleurant sur la butte de Torhoat (cf. III. 1. 4.) qui

apparaît dans les sondages Tor 2 et Tor 3.

- des faciès carbonatés observés dans Tor 1, Tor 2 et Tor 5.

#### IV - 3 - 1 - Les faciès carbonatés

Les carbonates sont très présents dans toutes les formations observées dans les sondages (cf. annexe B) : en imprégnation dans la roche, en filonets de dolomie (venues hydrothermales) ou d'ankérite.

Ces venues hydrothermales carbonatées sont de deux types : elles sont associées à de la chlorite ou seules.

##### IV - 3 - 1 - 1 - Le faciès carbonaté associé à de la chlorite

Il apparaît dans les sondages (documents 2, 5, hors texte).

- Tor 1 entre 129,90 et 130,40 mètres  
entre 145,60 et 146,05 mètres  
entre 149,90 et 154 mètres
- Tor 2 entre 241 et 255 mètres
- Tor 5 entre 186,35 et 186,65 mètres  
entre 187,20 et 187,50 mètres

Les passages carbonatés apparaissent sécants sur les formations qui l'englobent.

Ces faciès carbonatés sont essentiellement composés de dolomie.

*A l'échelle microscopique* : On observe une association de cristaux de dolomie qui forment des petits amas. Dans les cristaux on peut noter une zonation qui marque la croissance successive de ceux-ci (photo 16 , pl. IV ). La chlorite qui est peu abondante se présente toujours accompagnée de nombreux sulfures (principalement de la pyrite). Cette chlorite contourne et lie les nombreux amas de dolomie.

Ceci démontre son caractère secondaire, la dolomie est primaire dans sa venue.

Le faciès de séricito-chlorito-schistes à "piquetis" de dolomie est étroitement lié à ce faciès hydrothermal (cf. IV. 1. 1. 3.).

##### IV - 3 - 1 - 2 - Le faciès carbonaté (sans chlorite)

Il apparaît en fin de sondage Tor 1. Il n'est pas associé à de la chlorite. Ce faciès se caractérise par la présence de générations successives de carbonates. En effet on observe des amas de dolomie, aux cristaux de taille identique, entourés de cristaux de dolomie plus petits. Ce faciès se caractérise aussi par la présence de petits galets arrondis de schistes et de quartzites qui semblent avoir été mobilisés par ce faciès carbonaté.

Les deux faciès précédemment décrits sont le résultat des venues de fluides magnésiens (dolomie) tardifs, et sont les témoins d'une activité hydrothermale (liée peut être à du volcanisme).

## IV - 3 - 2 - Le faciès chloriteux

Ce faciès reconnu à la surface comme chloritite apparaît dans le sondage Tor 2 entre les cotes 42 et 55 mètres, ainsi qu'entre 70 et 76 mètres. Il est situé dans la formation

Dans sa globalité la roche est de teinte verte mais on peut noter la présence de variations de couleur : Des zones plus sombres peuvent être distinguées. Elles ne semblent pas liées à un litage originel.

Ces chloritites présentent des filonnets composés de chlorite de teinte vert pâle, parfois de carbonates et de quartz. Ces chloritites ne sont pas concordantes avec leur environnement.

Des zones à boxwerks sont observés remplis essentiellement d'oxydes, mais quelques sulfures sont aussi visibles.

*A l'échelle microscopique* : La chloritite est composée principalement de chlorites et de micas blancs. Les variations de teinte sont dues à des différences de teneur en rutile (photo. 17, pl. IV). Les sulfures sont très abondants dans les zones claires.

Les filonnets sont composés de grandes plages de chlorite blanche (photo 18, pl. V).

Ces chlorites sont parfois accompagnées de cristaux de quartz (aux contours géométriques) ainsi que de dolomie.

De nombreuses études par diffractométrie aux R. X. ont été réalisées sur ces faciès chloriteux.

Les échantillons d'analyse ont été choisis en fonction de ce critère : l'absence de filonnet dans ces chloritites. Un seul résultat est exposé représentatif des autres diagrammes (fig. 10) :

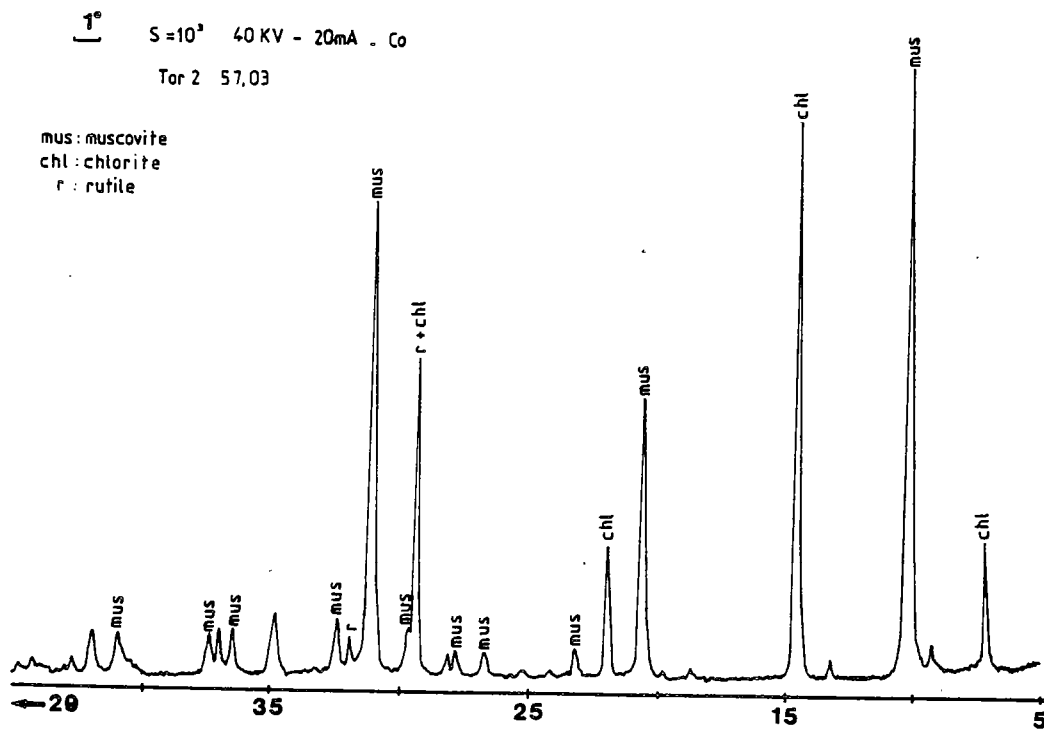


Fig. 10 . - Diagramme de diffraction R. X., échantillon Tor 2, 57,03.

Le quartz est absent.

On remarque que cette chloritite est composée essentiellement de chlorite et de muscovite et de rutile : l'élément titané semble être représenté par ce dernier comme on l'a observé au microscope.

L'étude géochimique a été effectuée et les résultats seront exposés dans la troisième partie de ce mémoire.

Remarque : Etude de la nature des chlorites par diffractométrie des R. X.

Tous les résultats obtenus sur le matériel de sondage et de terrain ont été placés dans le diagramme de Oinuma et al. (1972) : les chlorites des faciès hydrothermaux ( $\blacktriangle$ ) et les chlorites des faciès sédimentaires fins ( $\triangle$ ).

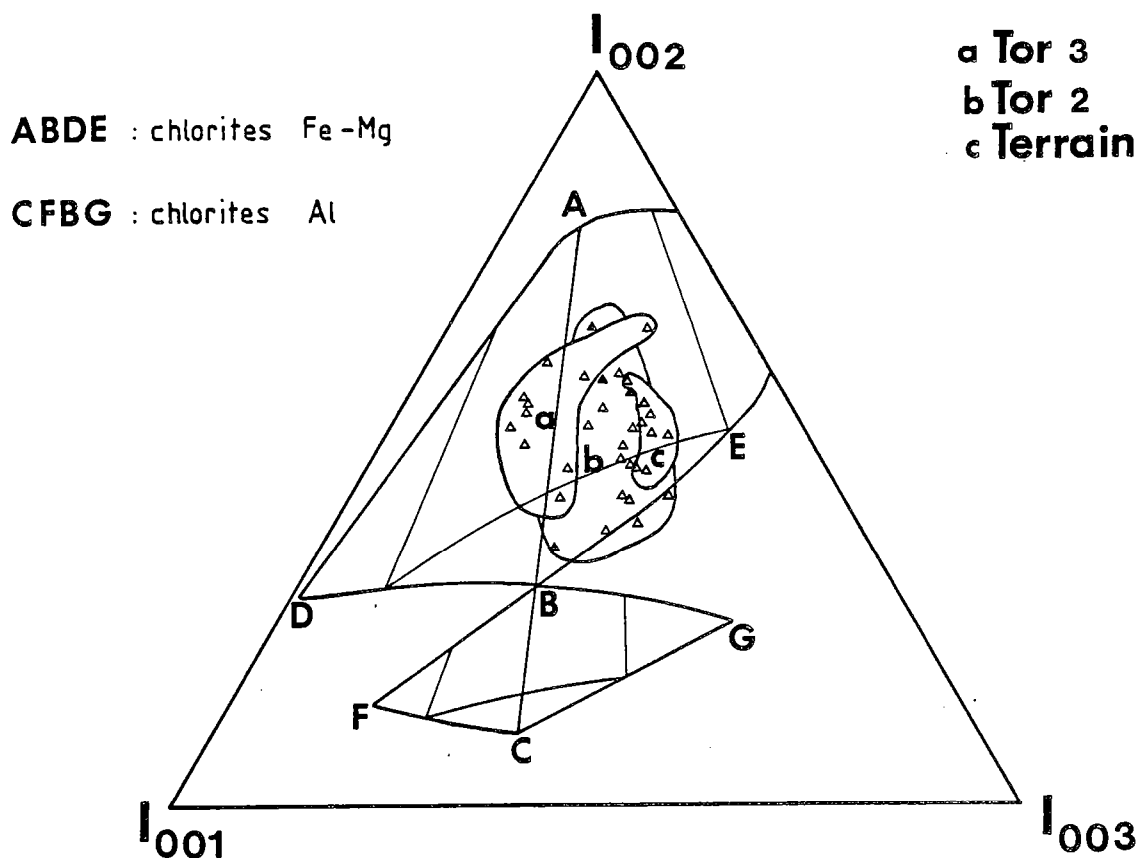


Fig. 11 . - Position des chlorites des faciès hydrothermaux et des faciès sédimentaires fins (Oinuma et al., 1972).

Toutes les chlorites du secteur de Gouézec - St Thois sont ferro-magnésiennes.

Une seule chlorite des faciès hydrothermaux tend vers le pôle B (pôle magnésien).

Les autres semblent être de même nature.

## V - CONCLUSION

Les travaux de cartographie et l'étude pétrographique ont permis d'identifier six formations (sédimentaire, volcano-sédimentaire et volcanique) datées du Silurien au Carbonifère :

- La formation I est composée de schistes noirs d'âge silurien formant sur le secteur de Gouézec, le coeur d'un anticlinal.
- La formation II correspond à la Formation des "Schistes et Quartzites de Plougastel" et forme les plus hauts reliefs du secteur de Gouézec - St Thois.
- La formation III correspond à la Formation des "Grès de Landévennec".
- La formation IV est un ensemble de schistes et quartzites. Le chloritoïde est plus ou moins présent dans cette formation. Elle n'a pas une épaisseur constante et elle se réduit vers l'Ouest. Dans les sondages on observe dans cette formation des calcschistes et des formations hydrothermales de type chloritite. Cet ensemble est postérieur à la Formation "des Grès de Landévennec" et est antérieur aux schistes de Châteaulin datés du Carbonifère.
- La formation V est représentée par des métadolérites essentiellement située sur le secteur de St Thois. L'ensemble forme une vaste structure arquée d'axe NS puis EW et correspond probablement à un sill. Cette hypothèse est argumentée par le fait que l'on a pu distinguer sur le terrain des variations de taille du grain dans ces roches et que ces différentes classes de métadolérites n'ont pas été cartographiées sur le secteur de St Thois d'une façon aléatoire. On remarque en effet que :
  - Les faciès les plus fins se présentent à la limite du sédimentaire (formation IV à l'Ouest, au Sud ; formation VI à l'Est et au Nord).
  - Les faciès les plus grossiers ne sont présents que dans deux lieux bien localisés : à Kermac'h Quai et à Tuscaol.

Les premiers correspondent aux bords du sill, les seconds représentent probablement des cumulats à l'intérieur du filon-couche.

- La formation VI apparaît volcano-sédimentaire. Elle repose en discordance sur la formation IV sur le secteur de Gouézec et sur la formation V dans la zone de St Thois. Elle comporte à sa base ou interstratifié des faciès volcaniques acides qui s'apparentent à des ignimbrites. Les faciès sédimentaires sont représentés par des schistes noirs et des grès feldspathiques. Cette formation est postérieure à la formation IV et comporte au moins en son sommet la Formation "des Schistes et Wackes" de Pont de Buis datés Viséen supérieur.

Deux faciès hydrothermaux ont été observés à l'affleurement ou en sondage :

- le premier est de type chloritite et se présente dans la formation IV uniquement.
- le second est carbonaté et est situé dans la formation VI.

Deux minéralisations ont été également observées :

Le niveau minéralisé inférieur apparaît dans des schistes et quartzites de la Formation IV, dépourvu de chloritoïde. La minéralisation apparaît dissiminée dans la roche et ne paraît pas associée à du volcanisme.

Le niveau supérieur est situé dans la formation VI lié intimement à des volcanites acides ou au faciès hydrothermal carbonaté. Cette minéralisation est essentiellement à blende, galène, pyrite et chalcopryrite.

On peut noter que le passage de la formation IV à la formation VI se caractérise par un changement de sédimentation lié à la l'apparition du volcanisme dans le secteur de Gouézec - St Thois correspondant à une tectogenèse ("phase bretonne" ?).





## **DEUXIEME PARTIE**

### **Etude Géochimique des volcanites et des faciès hydrothermaux**

| N° ECHANTILLON                 | 106    | 20     | 33     | 46a    | Tor 1<br>120,8 | Tor 2<br>372,55 | 54     | 100b   | Tor 2<br>379,75 | Tor 1<br>99,10 |
|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|----------------|-----------------|--------|--------|-----------------|----------------|
| N° ANALYSE C.R.P.G.            | 081542 | 081540 | 081536 | 081537 | 083553         | 083554          | 081539 | 081541 | 081558          | 083552         |
| N° ANALYSE CAESS               | 8351   | 8349   | 8346   | 8347   | 8353           | 8354            | 8348   | 8350   | 8355            | 8352           |
| SiO <sub>2</sub>               | 73.33  | 73.61  | 74.10  | 76.78  | 77.75          | 79.05           | 79.54  | 79.74  | 80.82           | 82.89          |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 12.26  | 12.18  | 11.84  | 12.48  | 11.69          | 10.55           | 10.96  | 11.21  | 9.67            | 8.5            |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1.95   | 3.08   | 3.28   | 1.63   | 2.35           | 1.67            | 0.76   | 1.17   | 1.55            | 2.37           |
| MnO                            | 0.04   | 0.04   | 0.04   | 0.02   | 0.02           | 0.03            | 0.02   | 0.02   | 0.03            | 0.02           |
| MgO                            | 0.27   | 0.89   | 0.55   | 0.21   | 0.23           | 1.56            | 0.03   | 0.12   | 1.75            | 0.03           |
| CaO                            | tr     | tr     | tr     | tr     | tr             | tr              | tr     | tr     | 0.14            | 0.04           |
| Na <sub>2</sub> O              | 3.78   | 3.31   | 2.94   | 5.17   | 3.44           | 4.11            | 4.33   | 4.64   | 4.02            | 4.56           |
| K <sub>2</sub> O               | 4.93   | 3.73   | 3.76   | 0.95   | 1.59           | 0.12            | 2.63   | 1.18   | 0.23            | 0.06           |
| TiO <sub>2</sub>               | 0.24   | 0.22   | 0.21   | 0.29   | 0.11           | 0.07            | 0.12   | 0.15   | 0.21            | 0.06           |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | tr     | 0.03   | 0.28   | 0.46   | 0.01           | 0.03            | 0.27   | tr     | tr              | 0.02           |
| P. F.                          | 1.02   | 1.62   | 1.73   | 1.22   | 2.29           | 2.18            | 0.58   | 0.97   | 1.87            | 1.15           |
| TOTAL                          | 98.82  | 98.71  | 98.73  | 99.21  | 99.56          | 99.73           | 99.24  | 99.20  | 100.29          | 99.70          |
| Rb                             | 24     | 29     | 29     | 33     | 7              | 9               | 16     | 32     | 6               | 46             |
| Sr                             | 65     | 62     | 69     | 61     | 53             | 145             | 117    | 62     | 119             | 48             |
| Ba                             | 383    | 340    | 329    | 189    | 131            | 110             | 371    | 225    | 61              | 20             |
| Ni                             | tr     | 24     | 21     | 18     | tr             | 15              | 13     | tr     | 11              | 25             |
| Cr                             | 13     | tr     | 10     | tr     | tr             | tr              | tr     | 13     | tr              | tr             |
| Co                             | tr     | 23     | 14     | 17     | 24             | 23              | 14     | 11     | 27              | 47             |
| V                              | 34     | tr     | 40     | 14     | 27             | tr              | tr     | 24     | tr              | tr             |
| Nb                             | 91     | 110    | 103    | 90     | 12             | 14              | 122    | 92     | 14              | 99             |
| Zr                             | 647    | 650    | 607    | 532    | 120            | 130             | 700    | 540    | 132             | 624            |
| Y                              | 103    | 107    | 65     | 57     | 35             | 34              | 101    | 79     | 41              | 70             |
| Cu                             | tr     | tr     | tr     | tr     | tr             | tr              | tr     | tr     | tr              | tr             |

Tableau 5 b : Volcanites acides.

| N° ECHANTILLON                 | 122    | 120    | 132    | 50     | 144    | 150    | 108    | 152    | 138    |
|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| N° ANALYSE C.R.P.G.            | 081546 | 081545 | 081547 | 081538 | 081549 | 081550 | 081344 | 081155 | 081548 |
| N° ANALYSE CAESS               | 8357   | 8356   | 8360   | 8358   | 8362   | 8363   | 8359   | 8364   | 8361   |
| SiO <sub>2</sub>               | 43.45  | 44.35  | 46.88  | 47.56  | 47.61  | 48.83  | 51.07  | 52.17  | 57.98  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 11.54  | 11.7   | 12.12  | 12.7   | 14.94  | 14.98  | 13.51  | 13.51  | 13.13  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 19.19  | 18.33  | 16.48  | 13.7   | 12.12  | 12.46  | 10.49  | 18.37  | 11.43  |
| MnO                            | 0.26   | 0.25   | 0.24   | 0.16   | 0.20   | 0.25   | 0.12   | 0.13   | 0.15   |
| MgO                            | 6.29   | 6.68   | 4.97   | 6.25   | 7.06   | 6.16   | 7.25   | 3.37   | 3.21   |
| CaO                            | 6.72   | 6.91   | 8.21   | 7.62   | 8.44   | 6.83   | 6.23   | 1.48   | 2.6    |
| Na <sub>2</sub> O              | 3.45   | 3.22   | 2.89   | 4.24   | 3.82   | 3.87   | 3.23   | 0.16   | 4.31   |
| K <sub>2</sub> O               | tr     | 0.17   | 0.38   | tr     | 0.09   | 0.71   | 1.24   | 0.11   | 0.67   |
| TiO <sub>2</sub>               | 5.47   | 5.4    | 4.22   | 3.09   | 1.84   | 2.64   | 2.12   | 3.30   | 2.03   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0.49   | 0.28   | 0.88   | 0.65   | 0.28   | 0.32   | 0.21   | 1.18   | 1.09   |
| P. F.                          | 2.38   | 2.55   | 2.82   | 2.68   | 2.7    | 2.93   | 3.48   | 4.80   | 3.67   |
| TOTAL                          | 99.24  | 99.84  | 100.09 | 98.63  | 99.1   | 99.98  | 98.95  | 98.58  | 100.27 |
| Rb                             | 3      | 2      | 1      | 2      | 4      | 9      | 18     | 9      | 9      |
| Sr                             | 133    | 208    | 219    | 65     | 250    | 403    | 304    | 57     | 163    |
| Ba                             | 108    | 92     | 101    | 27     | 118    | 129    | 27     | 60     | 135    |
| Ni                             | 33     | 42     | 35     | 94     | 131    | 70     | 94     | 47     | 25     |
| Cr                             | 32     | 36     | 32     | 130    | 315    | 143    | 130    | 30     | 58     |
| Co                             | 38     | 47     | 42     | 52     | 56     | 44     | 52     | 61     | 20     |
| V                              | 471    | 464    | 401    | 307    | 299    | 297    | 307    | 215    | 104    |
| Nb                             | 25     | 22     | 33     | 22     | 9      | 28     | 31     | 52     | 70     |
| Zr                             | 157    | 154    | 263    | 180    | 123    | 261    | 294    | 485    | 905    |
| Y                              | 23     | 27     | 41     | 32     | 38     | 40     | 35     | 78     | 76     |
| Cu                             | 21     | 28     | 34     | 106    | 78     | 47     | 51     | tr     | tr     |

Tableau 5 a : Volcanites basiques.

Tableau 5 a et 5 b : Analyses géochimiques des volcanites (CRPG de Nancy).

## I - INTRODUCTION

Les volcanites dévono-dinantiennes observées dans le secteur de Gouézec - St Thois comprennent des roches basiques et des roches acides.

Les échantillons ont été choisis en fonction de deux critères principaux :

- leur représentativité
- leur faible degré apparent d'altération.

Répartis entre les affleurements et le matériel fourni par les sondages, le choix s'est porté sur vingt neuf échantillons. Les analyses ont été effectuées au C.R.P.G. de Nancy pour les majeurs et les traces (Rb, Sr, Ba, Ni, Co, Cu, Cr) et ont été complétées au C.A.E.S.S. (Nb, Zr, Y, Rb, Sr).

Certaines analyses provenant du B.R.G.M. concernent des majeurs (sauf  $\text{Na}_2\text{O}$  et P.F. qui n'ont pas été dosées) et de nombreux éléments traces (Li, Be, B, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, As, Sr, Y, Nb, Mo, Ag, Cd, Sb, Ba, La, Ce, W, Pb, Bi, Zr).

Les résultats obtenus au B.R.G.M. ne seront pas utilisés dans les diagrammes géochimiques étant donné que l'analyse des majeurs est incomplète. Cependant ils sont reportés en annexe A car ils peuvent être utilisés pour cerner les variations des compositions liées à l'utilisation de deux méthodes différentes. Ils permettent également d'estimer la teneur des éléments majeurs et traces dans ces échantillons (en particulier  $\text{SiO}_2$  et  $\text{TiO}_2$ ).

On a obtenu en réalité 35 analyses puisque 6 échantillons ont été analysés à l'aide des deux méthodes. Les différents faciès hydrothermaux, observés principalement en sondages, ont été analysés sur roche totale au C.R.P.G. de Nancy (ainsi qu'au B.R.G.M.) et sur lame polie à la microsonde CAMEBAX.

## II - ETUDE GEOCHIMIQUE DU VOLCANISME

### II - 1 - LES DONNEES

Les données du C.R.P.G. sont exprimées en analyses brutes ; le fer est exprimé sous la forme  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  total. Les valeurs de Rb et Sr obtenues au C.A.E.S.S. ont été préférées à celles du

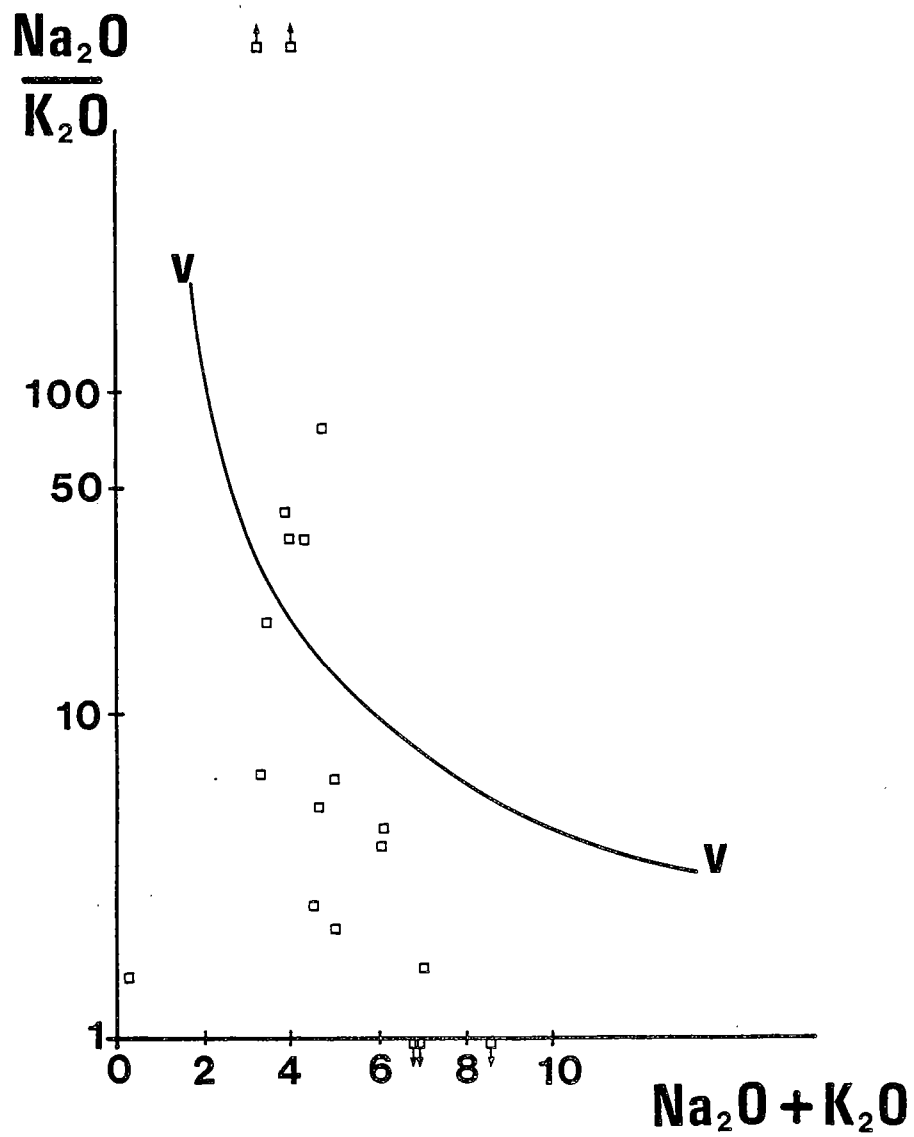


Figure 12. - Diagramme de Myashiro (1975)

□ : roches basiques et acides de Gouézec - St Thois.

Tous les points situés au-dessus de la ligne V-V correspondent à des roches ayant subi des transformations post-ignées.

C.R.P.G. pour des motifs de seuil de détection et de méthodologie.

Les analyses ont été regroupées selon la nature de la roche :

- tableau 5a : 8 roches basiques et 1 roche à chimisme intermédiaire
- tableau 5b : 10 roches acides.

## II - 2 - DEGRE DE TRANSFORMATION DE CES ROCHES ET CLASSIFICATION

### II - 2 - 1 - DEGRE DE TRANSFORMATION

Avant de replacer ces analyses dans divers diagrammes, il est indispensable de déterminer l'importance des processus d'altération ou de métamorphisme même s'ils ne sont pas visibles au microscope.

De nombreuses études sur l'altération et le métamorphisme ont été réalisées et il est admis que les éléments alcalins et alcalino-terreux possèdent une très grande mobilité au cours de ces processus (Maillet 1977 ; Girard, 1981). Par contre des éléments tels que le Ti, Al, Ni, Co, Zr, Nb et Y sont plus immobiles.

Le diagramme de Myashiro permet de différencier les roches qui ont pu subir une transformation post-ignée de celles qui en sont exemptes (fig. 12) :

Sur les 19 échantillons représentés, 6 se placent au-dessus de la ligne V-V qui marque la limite entre les roches transformées et celles qui ne le sont pas. Pour 13 roches la composition actuellement observée diffère donc peu de la composition chimique originelle.

On note néanmoins des teneurs anormales en :

- $K_2O$ ,  $Na_2O$  et  $CaO$  pour des roches basiques (en particulier l'échantillon 152)
- $SiO_2$  et  $CaO$  pour les roches acides (le pourcentage de  $SiO_2$  pouvant atteindre 82,89%).

Les teneurs en  $K_2O$  varient très rapidement dans les faciès acides : de 0,06 à 4,93%. Cet élément est mobile dans ces roches. Il faudra en tenir compte dans les diagrammes utilisant celui-ci.

Les diagrammes de Hart (1973) illustrent le comportement des éléments majeurs, en fonction de la perte au feu, dans le cas de roches basiques au cours des différents processus :

- altération par l'eau de mer
- métamorphisme de type schiste vert
- métamorphisme de type amphibolite

On a reporté dans les diagrammes les données du tableau 5a (8 échantillons basiques). En ordonnée, cinq éléments ont été choisis :  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $TiO_2$ ,  $K_2O$  et  $SiO_2$ .

Deux possèdent des caractères stables (Ti et Al) les autres éléments sont considérés comme mobiles au cours de ces processus.

Le comportement des éléments tels que  $Fe_2O_3$ ,  $Al_2O_3$ ,  $TiO_2$  et  $SiO_2$  paraît indépendant du métamorphisme ou de l'altération des roches. Leur disposition dans les diagrammes ne correspond qu'à une faible variation d' $H_2O$  pour une large gamme de valeurs de ces éléments.

Par contre, dans le diagramme  $K_2O$  en fonction d' $H_2O$ , on observe une légère tendance des points à se regrouper autour de la ligne "b" (qui correspond au métamorphisme de type schiste vert).

Il ne semble pas que l'on ne puisse noter une modification notable de la composition chimique des roches basiques de Gouézec - St Thois que par les variations de cet élément, modification due au métamorphisme de type schiste vert. Néanmoins les résultats précédents permettent d'envisager l'utilisation des analyses chimiques disponibles pour l'étude géochimique et la caractérisation géo-

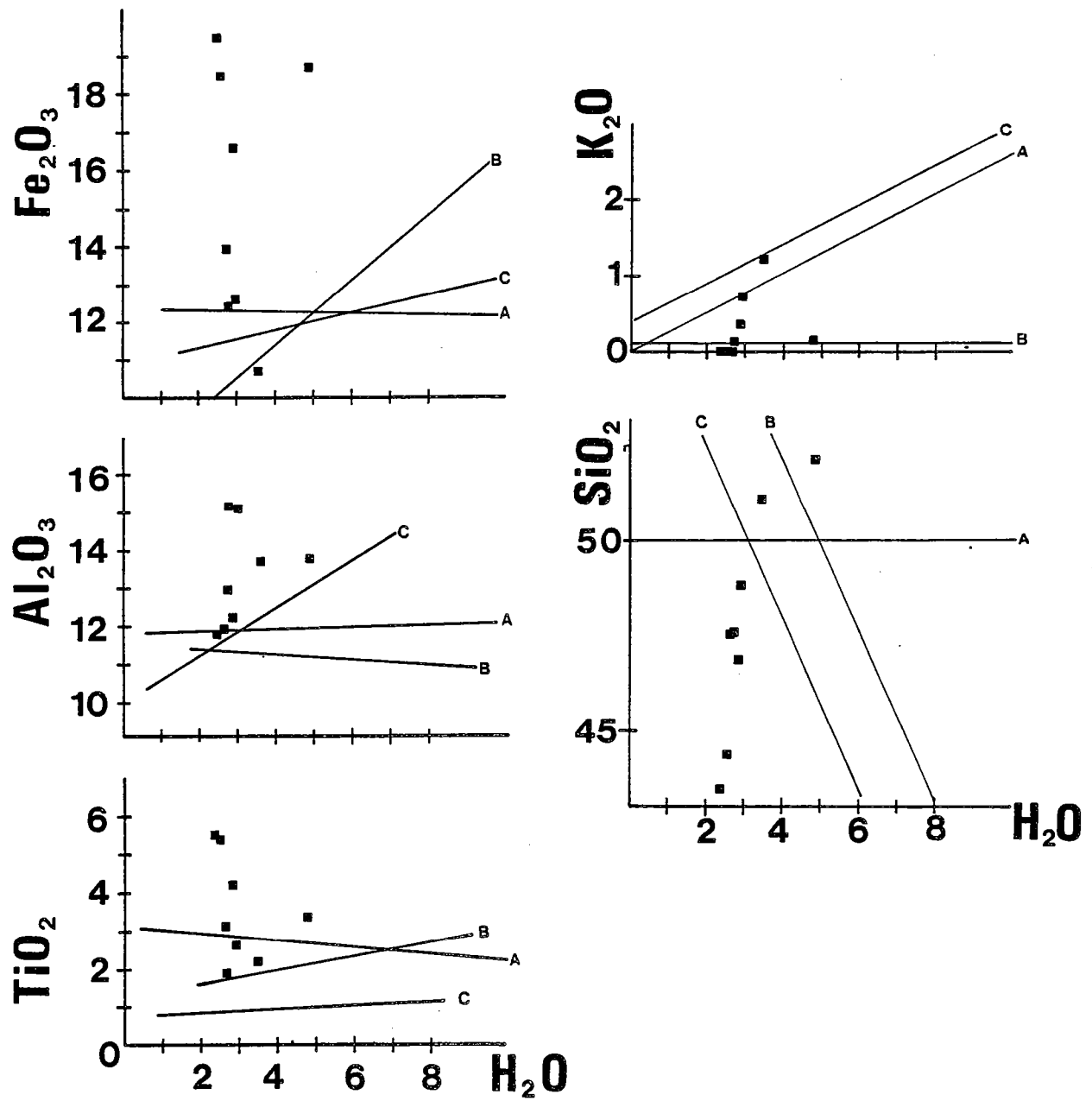


Figure 13 . - Comportement des éléments majeurs en fonction d' $H_2O$  (Hart, 1973)

- : roches basiques
- A : altération (par halnyrolyse)
- B : métamorphisme de type schiste vert
- C : métamorphisme de type amphibolite.

tectonique des volcanites, en tenant compte des variations de  $K_2O$ .

## II - 2 - 2 - CLASSIFICATION

Les teneurs des roches volcaniques de Gouézec - St Thois, en  $SiO_2$  permettent d'individualiser deux groupes principalement :

- un groupe de roches basiques
- un groupe de roches acides.

L'absence de teneurs en  $SiO_2$  entre 60 et 72% permet de déduire que le volcanisme est de type bimodal. Pour ces raisons on ne peut observer de lignée magmatique continue.

Ces deux types de volcanisme vont être étudiés séparément.

## II - 3 - LES FACIES VOLCANIQUES BASIQUES

### II - 3 - 1 - OBSERVATIONS GENERALES

Cartographiés essentiellement sur St Thois ils possèdent des caractères de dolérites plus ou moins métamorphisées dans le faciès schiste vert. Une distinction entre plusieurs types de métadolérites basée sur la taille du grain a été réalisée lors de la cartographie du terrain (cf. III-2-1, première partie).

Si l'on compare les compositions chimiques des roches basiques de Gouézec - St Thois (tableau 5 a) à celles des principaux types de roches magmatiques définis par Lemaître (1976) on montre que :

- Les échantillons 122 à 152 ont une composition proche de celle des basaltes (Lemaître, 1976). Néanmoins on note des valeurs anormales en fer et en titane pour les échantillons 122, 120 et 132, qui pourraient correspondre à des accumulations d'opaques dans des cumulats. L'échantillon 152 a également des teneurs anormalement élevées en fer et titane mais a aussi des déficits en  $Na_2O$  et  $K_2O$ . Ce dernier échantillon a subi d'importantes modifications et ne sera pas placé dans les différents diagrammes géochimiques et géotectoniques.
- L'échantillon 158 a une composition proche de celle d'une andésite.

La composition moyenne de ces roches basiques est établie à partir des analyses des échantillons 50, 108, 144 et 150 plus représentatifs de la composition d'un basalte (Tableau 6). Les éléments majeurs ont des teneurs homogènes sauf pour  $K_2O$  où l'on note de fortes variations.

De même les teneurs en éléments traces tels que Rb, Sr, Ba et Cr, sont variables, éléments d'ailleurs considérés comme peu stables.

Les roches se caractérisent par une forte teneur en  $TiO_2$  ( $2,42 \pm 0,55$ ).

Remarque : les échantillons de roches basiques analysés au B.R.G.M. (25, 40, 48, 56b et 86) présentent également de fortes teneurs en  $TiO_2$  (de 2,06 à 4,68) pour des valeurs de  $SiO_2$  qui varient entre 45,90 et 52,30.

La somme de  $Fe_2O_3$  total +  $MgO$  =  $TiO_2$  est toujours élevée et elle témoigne de la couleur mélanocrate de ces roches.



|                                | $\bar{M}$ | $\sigma$ | valeur maxima | valeur minima |
|--------------------------------|-----------|----------|---------------|---------------|
| SiO <sub>2</sub>               | 48.76     | 1.62     | 51.07         | 47.56         |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 14.03     | 1.12     | 14.98         | 12.70         |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 12.19     | 1.32     | 13.70         | 10.49         |
| MnO                            | 0.18      | 0.05     | 0.25          | 0.12          |
| MgO                            | 6.68      | 0.55     | 7.25          | 6.16          |
| CaO                            | 7.27      | 0.96     | 8.44          | 6.23          |
| Na <sub>2</sub> O              | 3.79      | 0.42     | 4.24          | 3.23          |
| K <sub>2</sub> O               | 0.51      | 0.58     | 1.24          | tr            |
| TiO <sub>2</sub>               | 2.42      | 0.55     | 3.09          | 1.84          |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0.36      | 0.19     | 0.65          | 0.21          |
| P. F.                          | 2.95      | 0.37     | 3.48          | 2.68          |
| Total                          | 99.14     | -        | -             | -             |
| Rb                             | 8.25      | 7.13     | 18            | 2             |
| Sr                             | 255       | 142      | 403           | 65            |
| Ba                             | 69        | 64       | 129           | 27            |
| Ni                             | 97        | 25       | 131           | 70            |
| Cr                             | 114       | 149      | 315           | 130           |
| Co                             | 51        | 5        | 56            | 44            |
| V                              | 302       | 5        | 307           | 297           |
| Nb                             | 22        | 10       | 31            | 9             |
| Zr                             | 214       | 77       | 294           | 123           |
| Y                              | 36        | 4        | 40            | 32            |
| Cu                             | 70        | 27       | 106           | 47            |

Tableau 6 : Moyenne des volcanites basiques de la zone de Gouézec - St Thoïs.

| N° ECHANTILLON  | 122   | 120   | 132   | 50    | 144   | 150   | 108   | 152   | 138   |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Quartz          | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 2.10  | 37.79 | 17.83 |
| Orthose         | -     | 1.00  | -     | -     | 0.53  | 4.20  | 7.34  | 0.64  | 3.98  |
| Albite          | 29.16 | 27.22 | 24.42 | 35.84 | 32.28 | 32.70 | 27.30 | 1.36  | 36.42 |
| Anorthite       | 15.99 | 16.94 | 18.95 | 15.65 | 23.32 | 21.38 | 18.67 | 0.42  | 6.48  |
| Néphéline       | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| Leucite         | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| Kaliophyllite   | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| Diopside        | 11.88 | 12.84 | 13.74 | 15.04 | 13.84 | 8.71  | 8.93  | -     | -     |
| Mg : Diopside   | 3.32  | 3.81  | -     | 4.33  | 3.96  | 2.52  | 2.87  | -     | -     |
| Fe : Diopside   | 2.50  | 2.45  | 3.29  | 3.03  | 2.82  | 1.74  | 1.45  | -     | -     |
| Ca : Diopside   | 6.03  | 6.58  | 6.95  | 7.66  | 7.08  | 4.45  | 4.61  | -     | -     |
| Aégyrine        | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| Hyperstène      | 16.40 | 15.90 | 17.33 | 11.38 | 5.13  | 14.49 | 22.93 | 25.58 | 18.89 |
| Mg : Hyperstène | 9.36  | 11.50 | 8.93  | 6.69  | 3.00  | 3.56  | 15.26 | 8.43  | 8.03  |
| Fe : Hyperstène | 7.04  | 7.40  | 8.40  | 4.69  | 2.13  | 5.93  | 7.67  | 17.15 | 10.86 |
| Olivine         | 3.90  | 1.66  | -     | 5.73  | 13.37 | 5.33  | -     | -     | -     |
| Mg : Olivine    | 2.13  | 0.97  | -     | 3.23  | 7.49  | 3.02  | -     | -     | -     |
| Fe : Olivine    | 1.77  | 0.69  | -     | 2.50  | 5.88  | 2.31  | -     | -     | -     |
| Wollastonite    | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| Larnite         | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| Apatite         | 1.16  | 0.66  | 2.08  | 1.55  | 0.66  | 0.76  | 0.50  | 2.79  | 2.59  |
| Ilménite        | 10.40 | 10.26 | 3.03  | 5.37  | 3.50  | 5.02  | 4.03  | 6.28  | 3.86  |
| Rutile          | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| Corindon        | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 12.97 | 2.94  |
| Magnétite       | 5.10  | 5.05  | 3.94  | 2.90  | 1.74  | 2.48  | 2.00  | 3.10  | 1.91  |
| Hématite        | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| Perte au feu    | 2.38  | 2.55  | 2.82  | 2.66  | 2.70  | 2.93  | 3.48  | 4.80  | 3.67  |

Tableau 7 : Composition normative des faciès basiques de Gouézec - St Thoïs.

Les compositions normatives sont les suivantes (Tableau 7) :

Remarque : on note de nouveau que l'échantillon 152 présente des anomalies : des taux anormalement élevés en quartz et corindon normatif dus essentiellement aux déficits en soude et potasse ; ce qui ne permet plus d'obtenir une composition normative représentative de l'observation microscopique, qui a permis de classer cet échantillon dans le groupe des métadolérites à grain fin.

Dans tous les diagrammes géochimiques et géotectoniques, seules sept analyses seront reportées correspondant aux échantillons suivants : 122, 120, 132, 50, 144, 150 et 108 ; à la condition que la composition chimique de ceux-ci admette les restrictions d'utilisation de certains diagrammes.

L'étude de la composition normative permet d'identifier ces roches à des tholéïtes à olivine avec une légère tendance vers les tholéïtes à quartz (fig. 14) dans le diagramme normatif de Yodder et Tilley (1966).

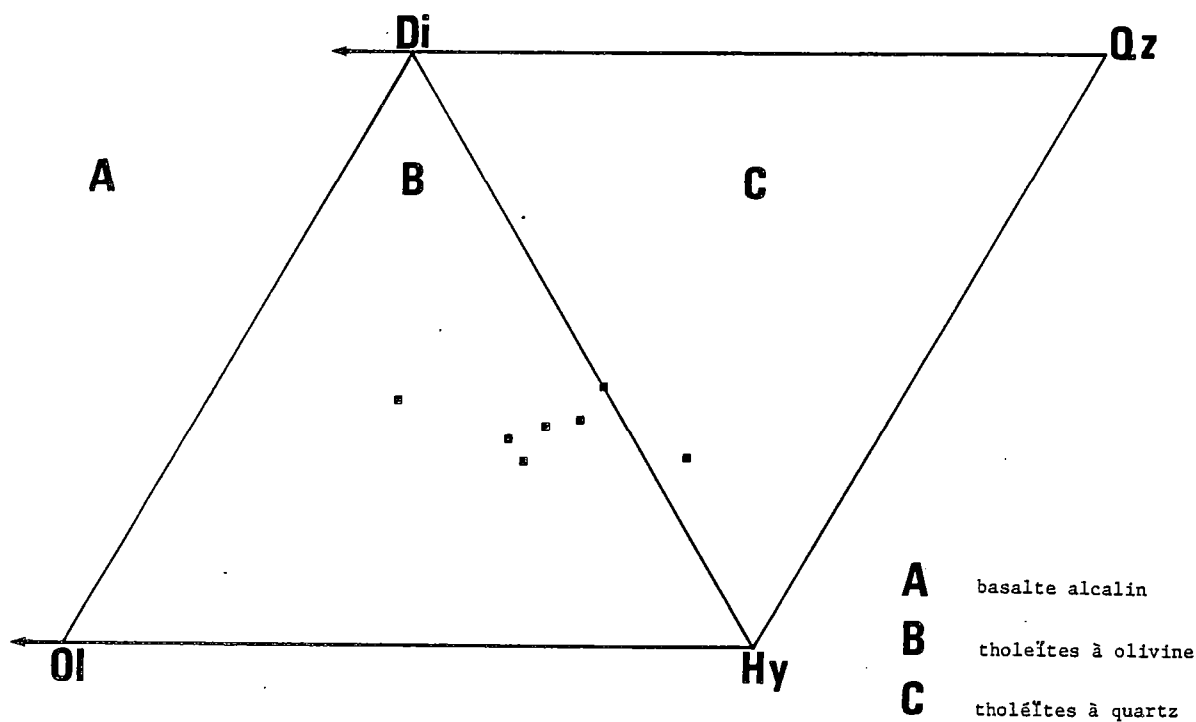


Figure 14 . - Diagramme normatif de Yodder et Tilley (1966)

Ne : néphéline ; Di : diopside ; Qz : quartz ; OI : olivine ; Hy : hypersthène.

La comparaison des roches basiques de Gouézec - St Thois avec des basaltes de différentes affinités géochimiques amène aux résultats suivants (tableau 8) :

Les teneurs en  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , Zr, Y et Nb sont comparables à celles des basaltes continentaux (CON).

Les roches basiques de Gouézec - St Thois présentent un déficit en  $\text{FeO}^+$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  et un excès en  $\text{MgO}$  par rapport aux basaltes continentaux néanmoins par leur composition chimique globale, ils peuvent y être assimilés.

|                                | CAB   | LKT   | OFB   | CON   | $\bar{M}$<br>GST |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|------------------|
| SiO <sub>2</sub>               | 52.79 | 52.86 | 49.91 | 48.81 | 48.76            |
| TiO <sub>2</sub>               | 1.08  | 0.83  | 1.43  | 2.47  | 2.42             |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 18.31 | 16.80 | 16.20 | 14.41 | 14.03            |
| FeO <sup>+</sup>               | 9.01  | 10.41 | 10.24 | 12.00 | 10.89            |
| MgO                            | 5.07  | 6.06  | 7.74  | 5.96  | 6.68             |
| CaO                            | 9.80  | 10.52 | 11.42 | 10.05 | 7.27             |
| Na <sub>2</sub> O              | 2.99  | 2.08  | 2.82  | 2.90  | 3.79             |
| K <sub>2</sub> O               | 0.95  | 0.44  | 0.24  | 0.95  | 0.51             |
| Zr                             | 106   | 52    | 92    | 215   | 214              |
| Y                              | 23    | 19    | 30    | 29    | 32               |
| Nb                             | 4     | 2     | 5     | 20    | 22               |
| Sr                             | 375   | 207   | 131   | 460   | 255              |
| Rb                             | 23    | 5     | 3     | -     | 8.25             |
| Cr                             | 130   | 160   | 310   | -     | 130              |

Tableau 8 : Comparaison de la composition chimique moyenne des roches basiques de Gouézec - St Thoïs ( $\bar{M}$ , GST) avec celle des roches basaltiques des différentes séries.

Références pour les éléments majeurs : - Pearce J. A. (1975)  
et - Thompson G. et Melson W. G. (1972)  
pour les éléments traces : - Jakes P. et Gill J. (1970)  
- Pearce J. A. et Cann J. R. (1973)

C.A.B. : basaltes calco-alcalins ; LKT : tholéïtes pauvres en potassium ; OFB : basaltes de rides ;  
CON : basaltes continentaux.

## II - 3 - 2 - LES DIAGRAMMES GEOCHIMIQUES ET GEOTECTONIQUES

Les premiers permettent de mettre en évidence des évolutions géochimiques des grandes séries volcaniques (tholéïtiques, calco-alcalines et alcalines) en fonction de la distribution des éléments majeurs et traces.

Seules sept analyses sont reportées dans les diagrammes (cf. II - 3 - 1 et tableau 5 a).

### II - 3 - 2 - 1 - LES DIAGRAMMES GEOCHIMIQUES :

Dans le diagramme A F M de Kuno (1968) (fig. 15 ) les compositions chimiques des roches basiques de Gouézec - St Thoïs se placent dans le domaine tholéïtique (TH), principalement. Seul un échantillon se situe dans le domaine calco-alcalin. Le caractère tholéïtique est confirmé par le diagramme de Tilley et Muir (1967) repris par Jakes et Gill (1970) (fig. 16). On observe dans ce diagramme une évolution de la composition des roches vers un pôle ferrique. Ceci semble lié à l'accumulation d'opaches, en particulier des oxydes dans des roches ayant des compositions de cumulats [120, 122].

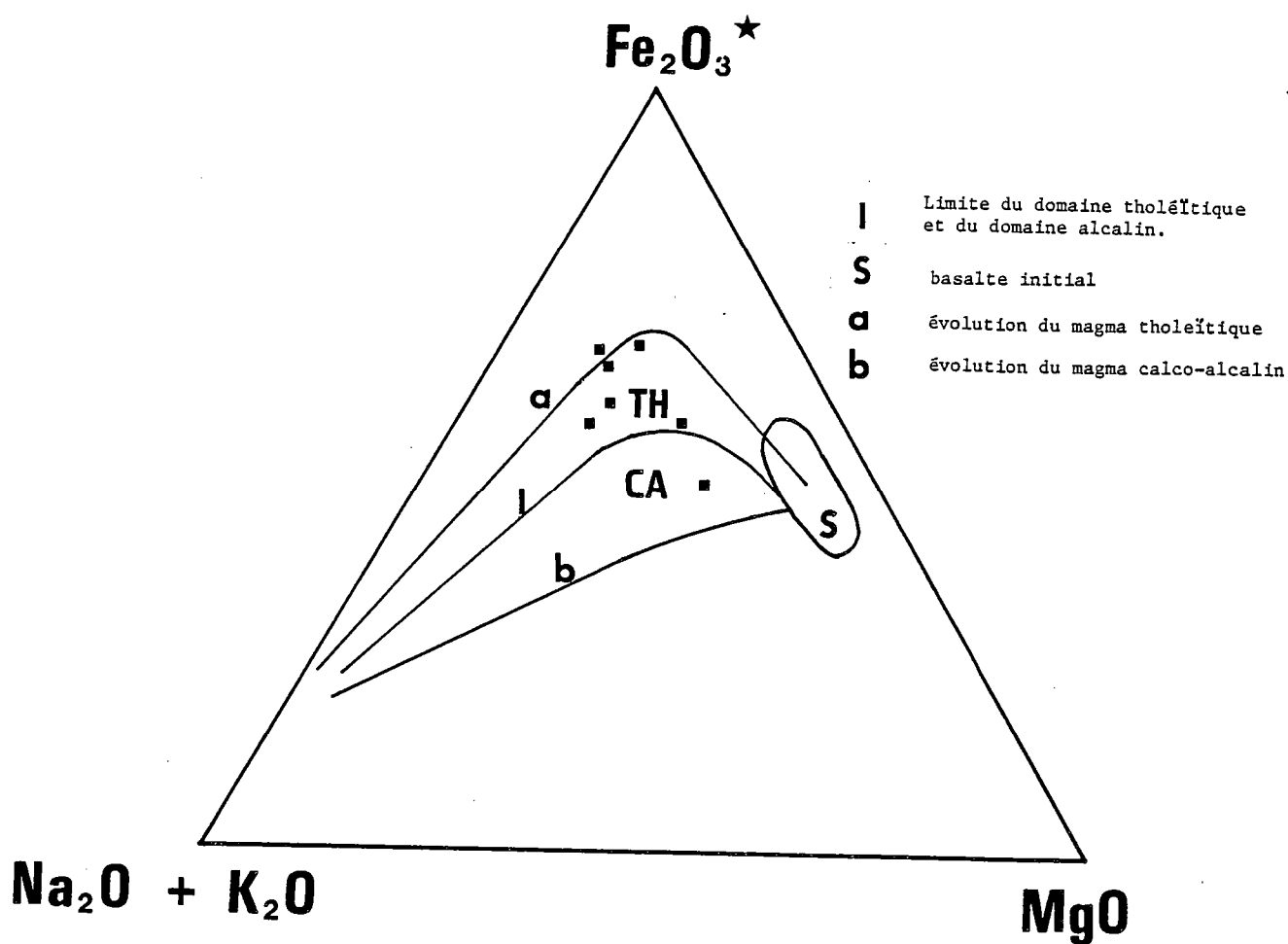


Figure 15 . - Position des volcanites basiques du secteur de Gouézec - St Thois dans le diagramme A. F. M. (Kuno, 1968).

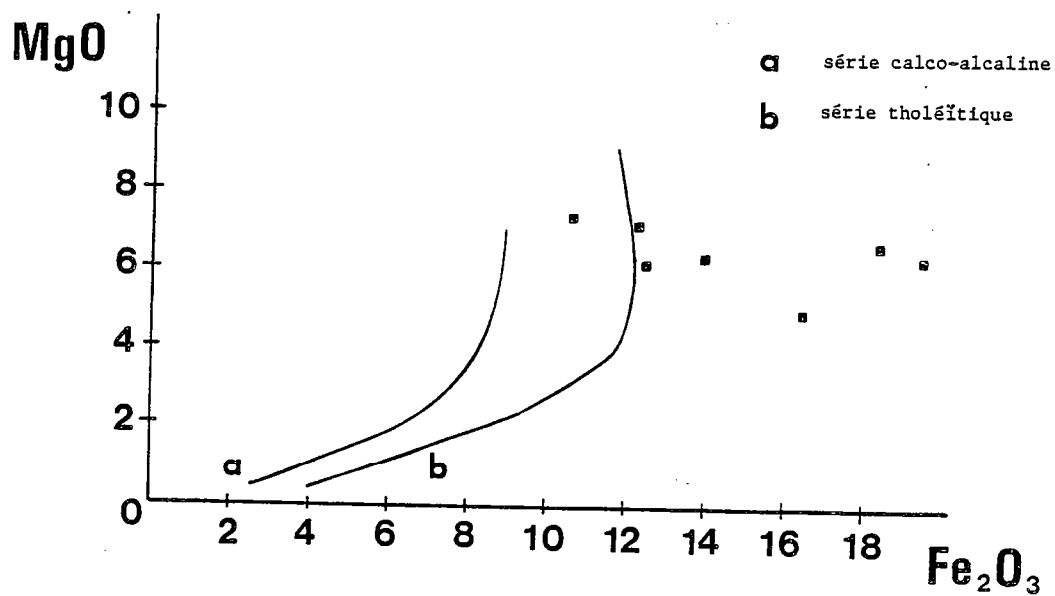


Figure 16 . - Diagramme  $\text{MgO} = f(\text{Fe}_2\text{O}_3)$  de Tilley et Muir (1967) repris par Jakes et Gill (1970)  
■ : roches basiques de St Thois - Gouézec.

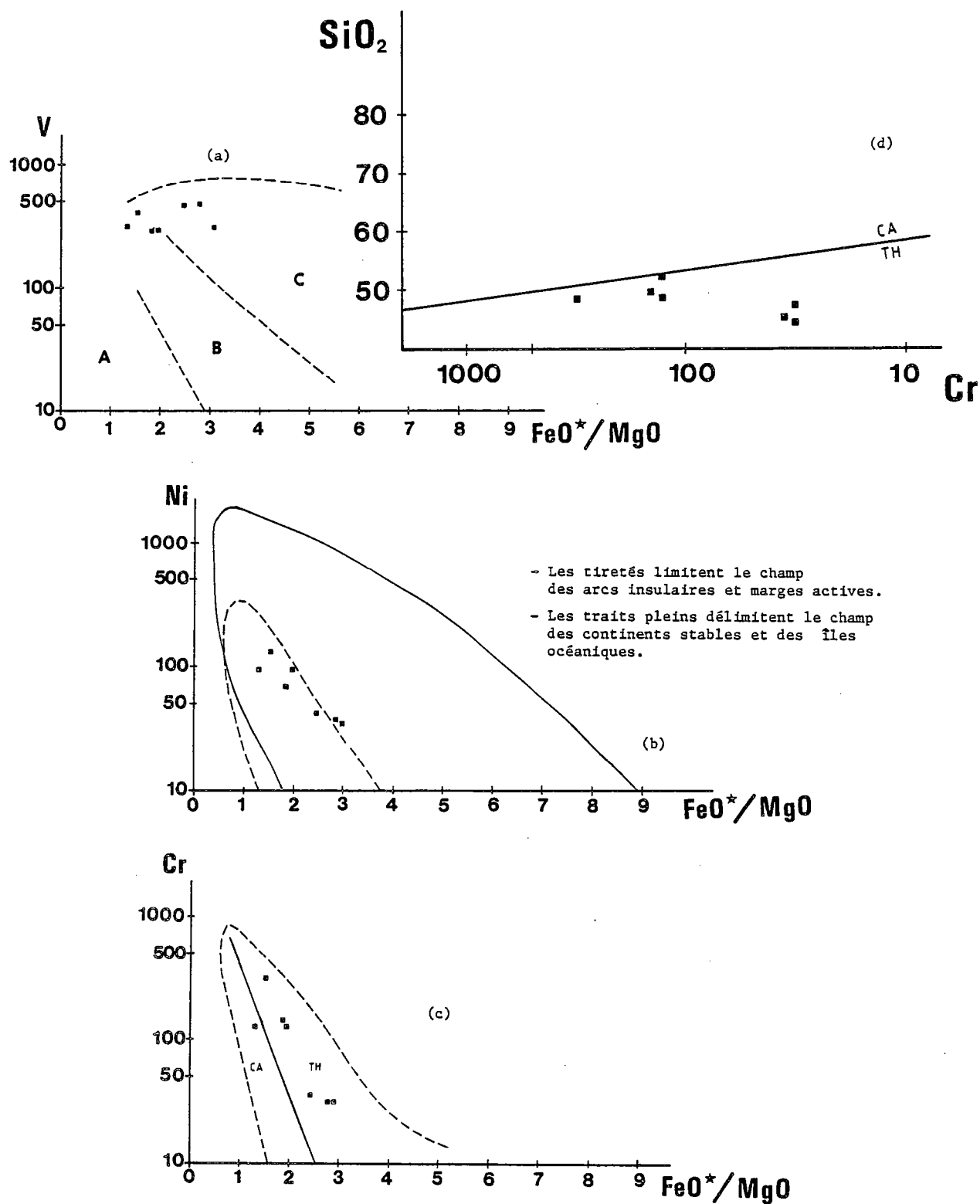


Figure 17 . - Diagrammes de Myashiro et Shido (1975)

A : séries calco-alcalines (CA)

B : séries calco-alcalines et tholéïtiques (TH)

C : séries tholéïtiques.

Le comportement des éléments traces (en particulier des éléments de transition) en fonction du rapport  $\text{FeO}^+/\text{MgO}$  confirme le caractère tholéitique de ces roches (fig. 17 a, c). Les compositions de ces volcanites se placent dans le champ des continents stables ou des îles océaniques (fig. 17 b). L'examen du diagramme  $\text{SiO}_2 = f(\text{Cr})$  (fig. 17 d) confirme l'affinité tholéitique.

#### II - 3 - 2 - 2 - DIAGRAMMES DE DISCRIMINATION DES CONTEXTES GEODYNAMIQUES

Les diagrammes de Pearce et Cann (1973) et de Pearce et Norry (1979) permettent de distinguer quatre grands types de basaltes :

- les basaltes de fond océanique : O F B (B)
  - les basaltes de marges actives : L K T (A) et C A B (C)
  - les basaltes intraplaques des îles océaniques et des continents : W P B (D).
- en fonction du comportement de cinq éléments Ti, Zr, Y, Nb, Sr. Pour le premier diagramme (fig. 18 a) il existe une condition restrictive : la somme de  $\text{CaO} + \text{MgO}$  doit être comprise entre 12 et 20%.

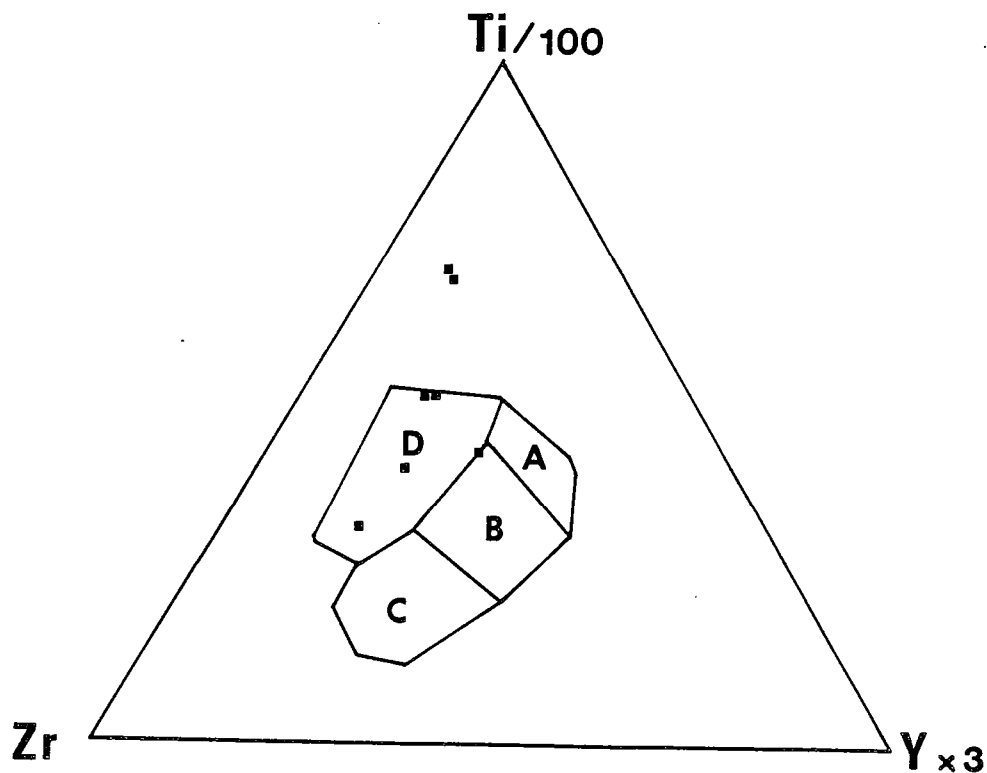


Figure 18a . - Diagramme de Pearce et Cann (1973)

■ roches basiques de Gouézec - St Thoïs.

Les deux points qui sortent des champs A, B, C, D représentent les deux échantillons au pourcentage de  $\text{SiO}_2$  le plus faible et aux valeurs de  $\text{TiO}_2$  les plus fortes :

- échantillon 122 :  $\text{SiO}_2 = 43,45$        $\text{TiO}_2 = 5,47$

- échantillon 120 :  $\text{SiO}_2 = 44,35$        $\text{TiO}_2 = 5,40$

de l'ensemble des roches basiques.

Les autres points sont situés dans le champ des basaltes intraplaques.

Dans le diagramme de Pearce et Norry (1979) les échantillons se placent dans le champ des basaltes intraplaques (fig.13 b) :

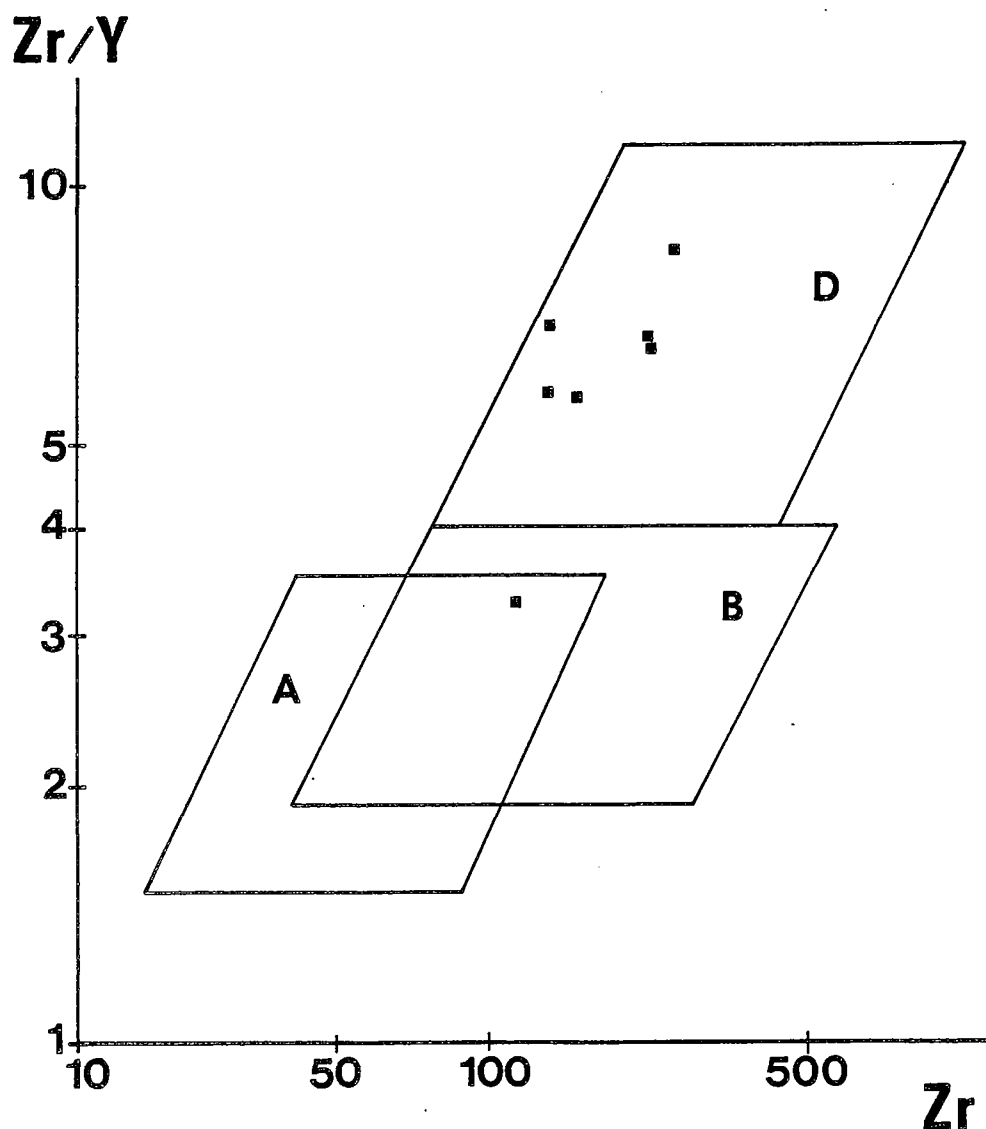


Figure 18b. - Position des roches basiques de Gouézec - St Thoïs dans le diagramme de Pearce et Norry (1979)  
A, B, D même légende que fig. ( 18 ).

L'étude de la teneur en titane de ces roches rapproche ce volcanisme basique de celle des points chauds (Bebien, 1972). Les valeurs sont plus élevées avec une moyenne de  $3,54 \pm 1,50$  (fig. 19) pour les sept échantillons.

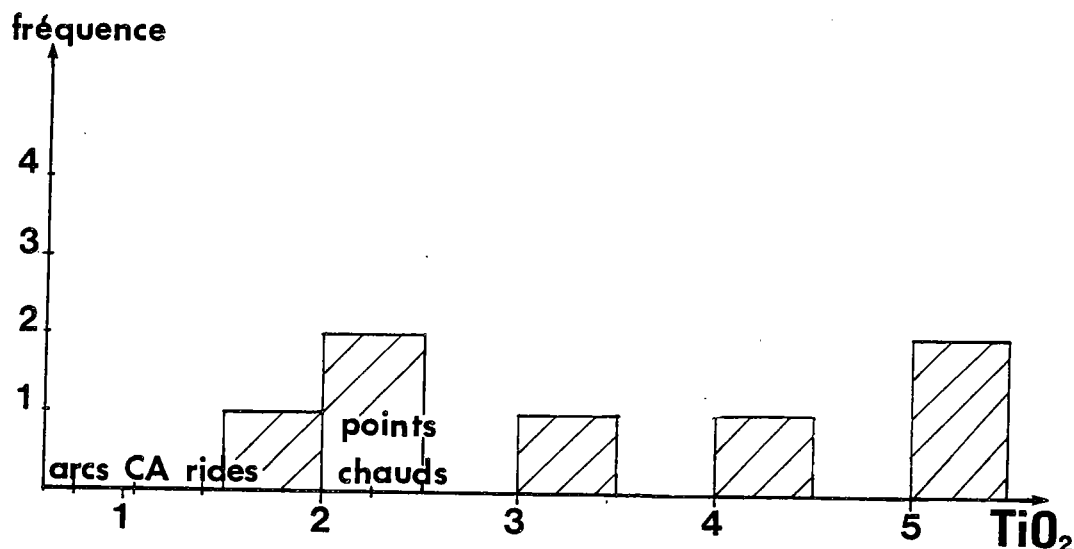


Figure 19. - Teneurs en  $TiO_2$  des roches volcaniques basiques Gouézec - St Thois par rapport à celles des basaltes selon leur cadre géotectonique (Bebien, 1972).

Néanmoins si on prend en compte la moyenne de la teneur en  $TiO_2$  des quatre échantillons les plus représentatifs de basaltes elle est plus proche avec  $2,42 \pm 0,55$  (cf. tableau 6) de la teneur moyenne des points chauds.

### II - 3 - 3 - CONCLUSION

Les volcanites basiques de la région de Gouézec - St Thois semblent donc devoir être rapprochées des basaltes tholéitiques résultant d'une activité volcanique intraplaque. Ce volcanisme pourrait être lié à la présence d'un point chaud.

Remarque : Les analyses ont permis de confirmer l'appartenance de tous les faciès volcaniques basiques de Gouézec - St Thois (cartographiés sur le terrain en métadolérites) à un même type de volcanisme dont la signature chimique se caractérise par une teneur élevée en  $TiO_2$ .

La distinction entre plusieurs types de métadolérites basée sur la taille du grain (cf. III - 2 - 1, première partie) doit donc être reliée uniquement à la position de ces faciès dans un seul corps de composition homogène.

## II - 4 - LES FACIES VOLCANIQUES ACIDES

### II - 4 - 1 - OBSERVATIONS GENERALES

Cartographiés essentiellement sur la zone de St Thois (Nord du Cosquer et Nord de Kervern) et observés dans les sondages Tor 1, Tor 2, Tor 3 et Tor 5, ils possèdent des caractères



d'ignimbrites (fiammes et écharde vitreuses).

Les compositions géochimiques obtenues au C.R.P.G. (Tableau 16) permettent de calculer la composition moyenne suivante :

|                                | $\bar{M}$ | $\sigma$ | valeur maxima | valeur minima |
|--------------------------------|-----------|----------|---------------|---------------|
| SiO <sub>2</sub>               | 77.76     | 3.09     | 82.89         | 73.33         |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 11.23     | 1.33     | 13.26         | 8.50          |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1.98      | 0.76     | 3.28          | 0.76          |
| MnO                            | 0.03      | 0.01     | 0.04          | 0.02          |
| MgO                            | 0.56      | 0.60     | 1.75          | 0.03          |
| CaO                            | 0.16      | 0.12     | 0.36          | 0.04          |
| Na <sub>2</sub> O              | 4.03      | 0.65     | 5.17          | 2.94          |
| K <sub>2</sub> O               | 1.92      | 1.65     | 4.93          | 0.06          |
| TiO <sub>2</sub>               | 0.17      | 0.07     | 0.29          | 0.06          |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0.16      | 0.17     | 0.46          | 0.06          |
| P. F.                          | 1.46      | 0.53     | 2.29          | 0.58          |
| Total                          | 99.46     | -        | -             | -             |
| Rb                             | 23.1      | 12.5     | 46            | 6             |
| Sr                             | 80.1      | 32.0     | 145           | 48            |
| Ba                             | 215.9     | 127.2    | 383           | 20            |
| Ni                             | 18.1      | 5.0      | 25            | 11            |
| Cr                             | 12.0      | 1.4      | 13            | 10            |
| Co                             | 22.2      | 10.2     | 47            | 11            |
| V                              | 27.8      | 8.9      | 40            | 14            |
| Nb                             | 74.7      | 41.2     | 122           | 12            |
| Zr                             | 468.2     | 228.1    | 700           | 120           |
| Y                              | 69.2      | 26.6     | 107           | 34            |

Ces roches sont hypersiliceuses, plus sodiques que potassiques (en moyenne) et elles sont pauvres en éléments alcalins (CaO = 0,16).

D'après Lemaître (1976) on peut néanmoins rapporter ces compositions à celles de rhyolites.

Dans le détail (Tableau 5 b) certains échantillons présentent une teneur en K<sub>2</sub>O plus élevée que celle de Na<sub>2</sub>O. La mobilité de K<sub>2</sub>O doit être invoquée pour expliquer ces variations du rapport K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O dans des échantillons qui à l'échelle microscopique diffèrent peu les uns des autres.

De même les valeurs très faibles en CaO ne peuvent s'expliquer que par la mobilité du calcium au sein des roches au cours des phénomènes plus ou moins importants d'altération ou de métamorphisme que celles-ci subissent au cours des temps.

Certaines teneurs en SiO<sub>2</sub> sont nettement supérieures à la moyenne, des phénomènes postérieurs à la mise en place de ces roches peuvent impliquer ces valeurs élevées : de types fluides hydrothermaux qui ont pu induire une silicification de ces volcanites.

Tableau 9 . - Moyenne des volcanites acides de la zone de Gouézec - St Thois.

Si on calcule les coefficients de corrélations entre SiO<sub>2</sub> (oxyde de référence) et les autres éléments majeurs et traces on obtient les résultats suivants :

|                  | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MnO    | MgO    | CaO    | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O | TiO <sub>2</sub> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | P. F. |
|------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------|--------|--------|-------------------|------------------|------------------|-------------------------------|-------|
| SiO <sub>2</sub> | - 0,89                         | - 0,53                         | - 0,75 | 0,04   | - 0,38 | 0,58              | - 0,86           | - 0,65           | - 0,25                        | 0,09  |
|                  | Rb                             | Sr                             | Ba     | Ni     | Cr     | Co                | V                | Nb               | Zr                            | Y     |
| SiO <sub>2</sub> | - 0,02                         | 0,27                           | - 0,75 | - 0,31 | 0,40   | 0,53              | - 0,63           | - 0,28           | - 0,31                        | 0,40  |

Tableau 10 . - Corrélation de SiO<sub>2</sub> avec les autres éléments dans les volcanites acides.

On note de bonnes corrélations négatives de  $\text{SiO}_2$  avec  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}$  et  $\text{Ba}$  ainsi que  $\text{K}_2\text{O}$ , de type magmatique (fig. 20). Mais il faut tenir compte que ce dernier élément a pu être mobile comme on l'a démontré précédemment et il faut donc modérer l'importance de cette bonne valeur de corrélation. Néanmoins les corrélations entre ces derniers éléments montrent un fonctionnement parallèle pour  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  et  $\text{Ba}$ , avec de très bons coefficients :

|                         |              |                      |             |
|-------------------------|--------------|----------------------|-------------|
| $\text{Al}_2\text{O}_3$ |              |                      |             |
| 0,42                    | $\text{MnO}$ |                      |             |
| - 0,74                  | 0,68         | $\text{K}_2\text{O}$ |             |
| - 0,75                  | 0,49         | 0,90                 | $\text{Ba}$ |

$\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  et  $\text{Ba}$  sont des éléments qui interviennent dans la composition des feldspaths (Deer et al., 1980). Leur corrélation négative avec  $\text{SiO}_2$  reflète l'abondance relative des feldspaths par rapport au quartz dans ces roches.

Les compositions normatives calculées à partir des analyses géochimiques (tableau 5b) confirment le caractère hypersiliceux de ces roches. Le principal feldspath qui apparaît, est l'albite puis l'orthose (Tableau 11) :

| N° ECHANTILLON  | 106   | 90    | 38    | 46a   | Tor 1<br>120,80 | Tor 2<br>372,55 | 54    | 100b  | Tor 2<br>379,75 | Tor 1<br>99,10 |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-----------------|-----------------|-------|-------|-----------------|----------------|
| Quartz          | 31.11 | 36.97 | 39.87 | 42.11 | 49.75           | 50.65           | 43.93 | 47.53 | 52.90           | 54.59          |
| Orthose         | 29.16 | 22.07 | 22.24 | 5.62  | 9.40            | 0.72            | 15.57 | 6.98  | 1.36            | 0.38           |
| Albite          | 31.94 | 27.98 | 24.84 | 43.70 | 29.08           | 34.74           | 36.60 | 39.22 | 33.98           | 38.54          |
| Anorthite       | -     | -     | -     | -     | 0.36            | 1.61            | -     | -     | -               | 0.08           |
| Néphéline       | -     | -     | -     | -     | -               | -               | -     | -     | -               | -              |
| Leucite         | -     | -     | -     | -     | -               | -               | -     | -     | -               | -              |
| Kalliophyllite  | -     | -     | -     | -     | -               | -               | -     | -     | -               | -              |
| Diopside        | -     | -     | -     | -     | -               | -               | -     | -     | -               | -              |
| Mg : Diopside   | -     | -     | -     | -     | -               | -               | -     | -     | -               | -              |
| Fe : Diopside   | -     | -     | -     | -     | -               | -               | -     | -     | -               | -              |
| Ca : Diopside   | -     | -     | -     | -     | -               | -               | -     | -     | -               | -              |
| Aégyrine        | -     | -     | -     | -     | -               | -               | -     | -     | -               | -              |
| Hyperstène      | 2.86  | 6.15  | 5.64  | 2.05  | 3.73            | 6.17            | 0.83  | 1.92  | 6.06            | 3.39           |
| Mg : Hyperstène | 0.68  | 2.23  | 1.38  | 0.53  | 0.58            | 3.9             | 0.08  | 0.68  | 4.38            | 0.08           |
| Fe : Hyperstène | 1.10  | 3.92  | 4.26  | 1.52  | 3.15            | 2.27            | 0.75  | 1.24  | 1.68            | 3.31           |
| Olivine         | -     | -     | -     | -     | -               | -               | -     | -     | -               | -              |
| Mg : Olivine    | -     | -     | -     | -     | -               | -               | -     | -     | -               | -              |
| Fe : Olivine    | -     | -     | -     | -     | -               | -               | -     | -     | -               | -              |
| Wollastonite    | -     | -     | -     | -     | -               | -               | -     | -     | -               | -              |
| Larnite         | -     | -     | -     | -     | -               | -               | -     | -     | -               | -              |
| Apatite         | -     | 0.07  | 0.66  | 1.09  | 0.02            | 0.07            | 0.64  | -     | -               | 0.05           |
| Ilménite        | 0.46  | 0.43  | 0.40  | 0.55  | 0.21            | 0.14            | 0.23  | 0.29  | 0.40            | 0.12           |
| Rutile          | -     | -     | -     | -     | -               | -               | -     | -     | -               | -              |
| Corindon        | 1.68  | 2.68  | 2.93  | 2.94  | 4.17            | 3.07            | 0.98  | 2.28  | 2.50            | 0.90           |
| Magnétite       | 0.26  | 0.23  | 0.22  | 0.30  | 0.19            | 0.09            | 0.14  | 0.17  | 0.22            | 0.09           |
| Hématite        | -     | -     | -     | -     | -               | -               | -     | -     | -               | -              |
| Perte au feu    | 1.02  | 1.62  | 1.73  | 1.22  | 2.29            | 2.18            | 0.58  | 0.97  | 1.87            | 1.15           |

Tableau 11. - Composition normative des faciès volcaniques acides de Gouézec - St Thoïs.

L'ensemble des échantillons possèdent une composition normative proche de celle des rhyolites (Lemaître, 1976). La somme  $Q_z + Ab + Or$  est toujours voisine de 90%.

Remarque : le seul feldspath observé au microscope (confirmé par diffraction des R. X.) : l'albite peut être liée à un phénomène secondaire : l'albitisation des plagioclases à l'origine plus calci-

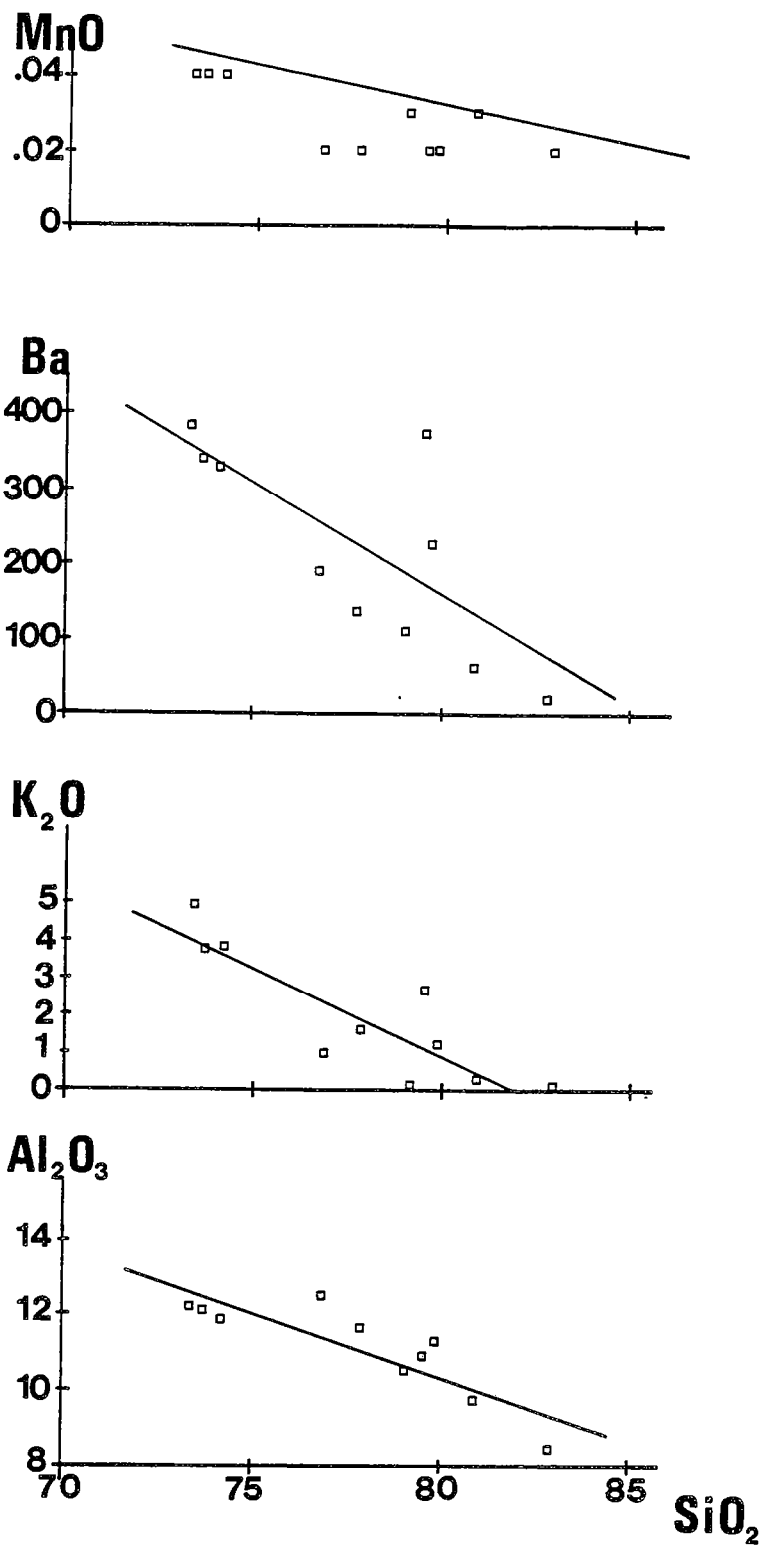


Figure 20 . - Position des volcanites acides dans les diagrammes de Harker (1909)

$\text{Al}_2\text{O}_3 = f(\text{SiO}_2)$

$\text{MnO} = f(\text{SiO}_2)$

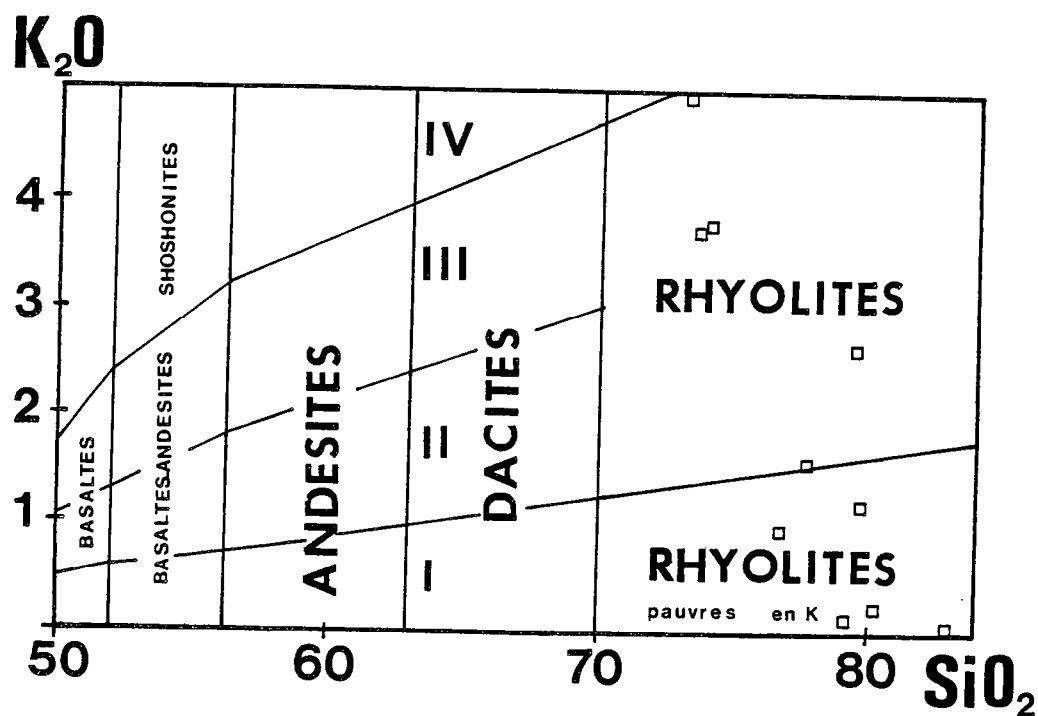
$\text{Ba} = f(\text{SiO}_2)$

$\text{K}_2\text{O} = f(\text{SiO}_2)$

que ; transformation qui se déroule lors des processus hydrothermaux syn à post magmatiques ainsi que pendant le métamorphisme régional même de faible degré (Hughes, 1973) et qui, en second lieu, prolonge le processus.

#### II - 4 - 2 - LES DIAGRAMMES GEOCHIMIQUES ET GEOTECTONIQUES

Dans le diagramme (fig. 21) de Peccerillo et Taylor (1976) qui montre la composition des roches acides en fonction de la série à laquelle elles appartiennent, les volcanites acides de Gouézec - St Thois se placent dans le champ des rhyolites (confirmation des observations précédentes).



- IV - série shoshonitique
- III - série calco-alcaline riche en K
- II - série calco-alcaline
- I - série de tholéïte d'arc

Figure 21. - Position des volcanites acides dans la classification de Peccerillo et Taylor (1976).

Les volcanites acides de Gouézec - St Thois ne se placent pas dans le champ particulier d'une série. La mobilité de  $K_2O$  peut être de nouveau invoquée pour expliquer cette dispersion.

Dans le diagramme (fig. 22) de Kuno (1960), les volcanites acides montrent également une forte dispersion.

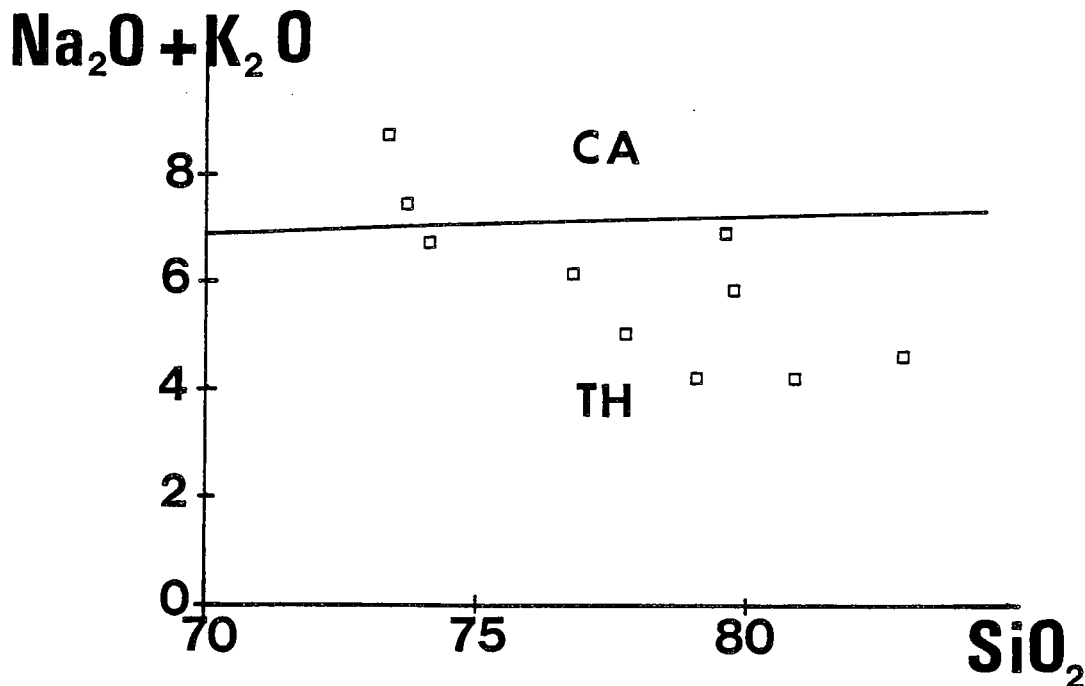


Figure 22. - Diagramme de Kuno (1960)  $Na_2O + K_2O = f(SiO_2)$   
 □ volcanites acides de Gouézec - St Thois.

#### II - 4 - 3 - CONCLUSIONS

Les faciès volcaniques acides représentés essentiellement par des ignimbrites, sont des roches très siliceuses, pauvres en éléments cafémiques, qui se situent dans le champ des rhyolites (fig. 21). Certaines roches sont hypersiliceuses, ce caractère est certainement acquis par hydrothermalisme.

Les diagrammes de discrimination géochimique et géotectonique sont basés sur les alcalins, éléments reconnus mobiles au cours des phénomènes d'altération et de métamorphisme. Les volcanites acides de Gouézec - St Thois montrent une telle dispersion dans ces diagrammes qu'il n'est pas possible d'en déterminer l'affinité tholéitique ou calco-alcaline.

#### II - 5 - COMPARAISON DU VOLCANISME OBSERVE SUR GOUÉZEC - ST THOIS AVEC CELUI DU BASSIN DE CHATEAULIN INTERCALE DANS LES FORMATIONS DEVONO-CARBONIFÈRES.

Le phénomène volcanique cartographié sur le secteur de Gouézec - St Thois ne repré-

sente qu'une toute petite partie du volcanisme dévono-carbonifère du Massif Armoricaïn qui outre le bassin de Châteaulin est également présent dans les bassins de Morlaix et de Laval.

Il constitue en général la base des séries dinantiennes et il repose sur les différents termes du Dévonien inférieur (Cabanis et Sagon, 1973).

Dans le bassin de Morlaix, il est constitué de "spilites - k ratophyres" datés du Dinantien (Cabanis, 1972). Dans le bassin de Laval, le volcanisme se présente sous la forme de vastes épanchements (100 km<sup>2</sup>) dans le Tournaisien supérieur (Vidal, 1976) essentiellement acides (ignimbrites rhyolitiques, tufs et brèches) (Boyer, 1968 ; Plaine, 1976). Dans le bassin de Châteaulin, le volcanisme est localisé sur les limites dévono-dinantiennes.

## II - 5 - 1 - LOCALISATION ET NATURE DU VOLCANISME DANS LE BASSIN DE CHATEAULIN

Au Nord du bassin de Châteaulin (fig. 23 , 2), les abondantes intrusions de roches basiques ont été cartographiées par Ch. Barrois (1905) sous le nom de "dolérites de Bolazec". Elles sont intercalées dans les formations paléozoïques supérieures (Silurien - D vonian) qui affleurent dans une synforme complexe située entre le Massif de Huelgoat (intrusif dans le Paléozoïque) et le d me briovérien de Plourac'h. Ces roches basiques s'étendent sur plusieurs dizaines de km<sup>2</sup>. L'âge de ces "dolérites de Bolazec" est post-coblencien et anté-dinantien. Elles se présentent sous la forme de sills de plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, de filons et plus rarement de petites coulées subaériennes (Conquéré, 1966). On observe des épanchements en pillow-lavas (Bril, 1975). Localement une association avec des volcanites acides est observée pour ces roches basiques.

Sur le flan méridional du bassin de Châteaulin, les diabases s'observent entre St Gilles-du-Vieux - Marché et Uzel. Elles réapparaissent au Sud de Merl ac (fig. 23, 1). La succession des termes volcaniques se présente ainsi de la base au sommet (Sagon, 1976) :

- un complexe volcanique de base comportant des roches basiques auquel se surimposent des roches acides (tufs ponceux, rhyolites, quartz - k ratophyres...)
- un second épisode volcanisme composé de spilites et de k ratophyres intercalés dans la série stratigraphiquement intermédiaire entre le complexe de base et le culm (fig. 24 ) dénommé "volcanisme intermédiaire".

Les roches basiques de Gouézec - St Tho s et les roches acides ne sont que la partie occidentale des divers affleurements que l'on peut observer sur la bordure sud du bassin de Châteaulin (fig. 23 , 3). Elles peuvent être assimilées au complexe de base puisqu'elles reposent en discordance sur les formations dévoniennes.

## II - 5 - 2 - ETUDE GEOCHIMIQUE DES VOLCANITES DU BASSIN DE CHATEAULIN, COMPARAISON AVEC LES VOLCANITES DE GOUZEC - ST THO S

### II - 5 - 2 - 1 - Les faciès volcaniques basiques

La comparaison des différents faciès basiques représentés sur le terrain par des dolérites plus ou moins métamorphisées qui sont situées à la limite dévono-carbonifère donne les résultats suivants :

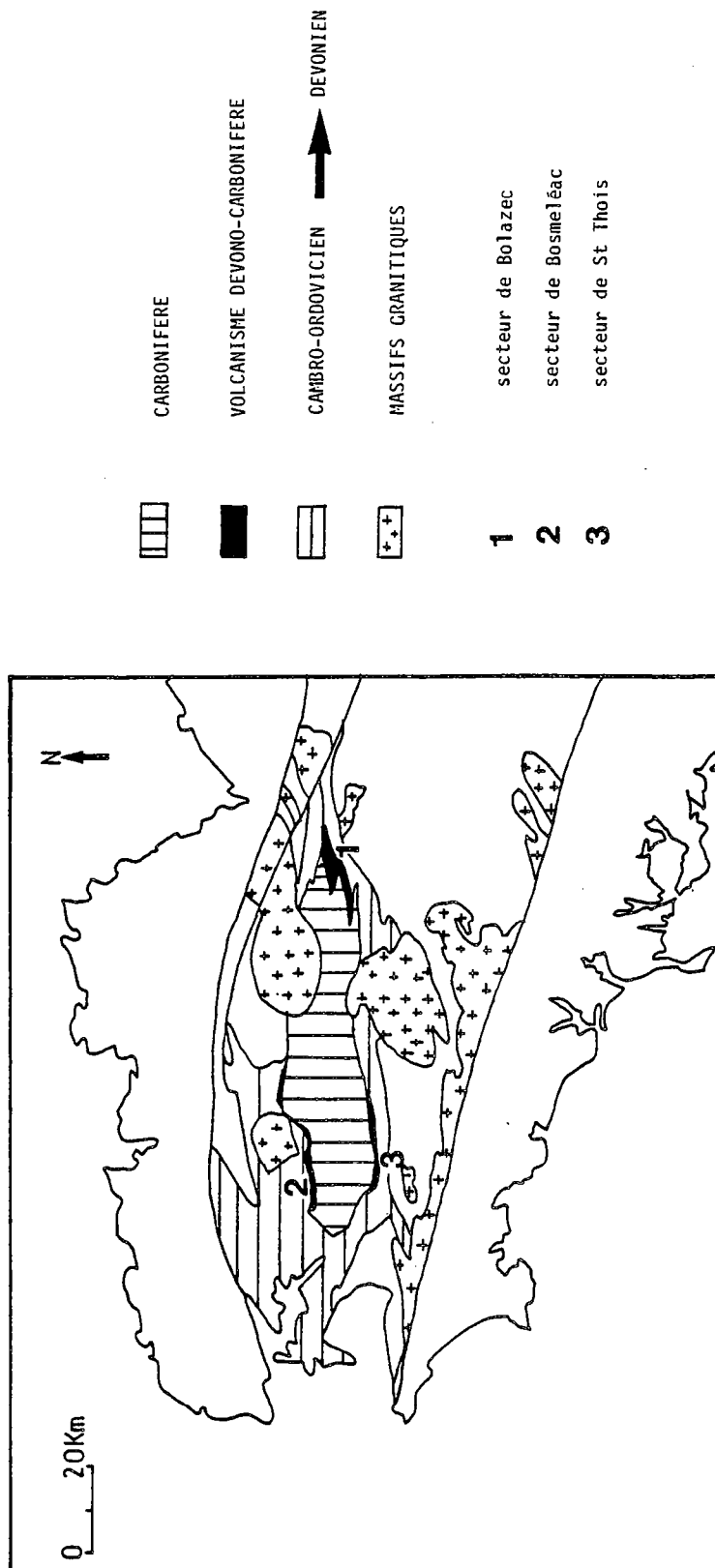


Figure 23 . - Position du volcanisme dévono-carbonifère dans le bassin de Châteaulin.

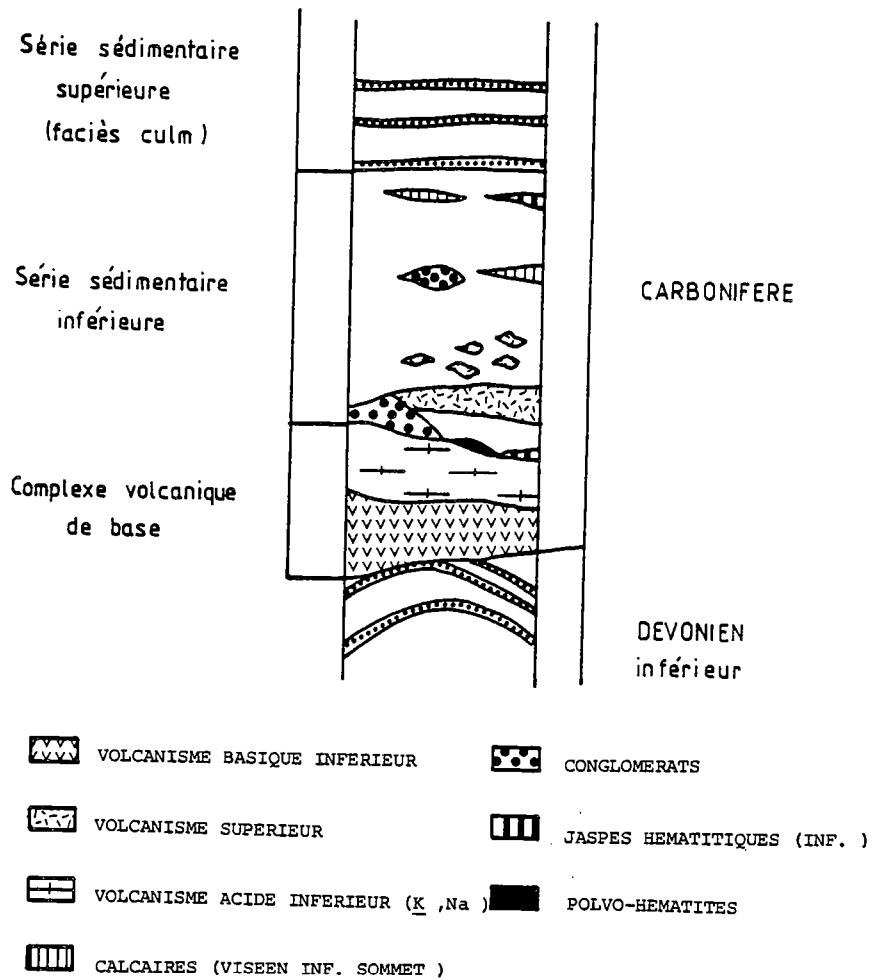


Figure 24 . - Lithostratigraphie du Dinantien (Lecolle et al., 1974 ; Sagon, 1976)  
 "Volcanisme supérieur" : volcanisme composé de spilites et de keratophyres.



|                                | Bolazec   |          | St Gelven |          | Gouézec - St Thois |          |
|--------------------------------|-----------|----------|-----------|----------|--------------------|----------|
|                                | $\bar{M}$ | $\sigma$ | $\bar{M}$ | $\sigma$ | $\bar{M}$          | $\sigma$ |
| SiO <sub>2</sub>               | 45,75     | 1,20     | 49,41     | 3,64     | 48,76              | 1,62     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 15,36     | 0,9      | 14,63     | 0,29     | 14,03              | 1,12     |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 13,03     | 1,68     | 14,43     | 2,67     | 12,19              | 1,32     |
| MnO                            | 0,24      | 0,10     | 0,14      | 0,10     | 0,18               | 0,05     |
| MgO                            | 8,24      | 1,84     | 5,97      | 1,25     | 6,68               | 0,55     |
| CaO                            | 8,09      | 3,48     | 3,45      | 3,17     | 7,27               | 0,96     |
| Na <sub>2</sub> O              | 2,49      | 0,93     | 0,32      | 0,17     | 3,79               | 0,42     |
| K <sub>2</sub> O               | 0,37      | 0,42     | 0,43      | 0,37     | 0,51               | 0,58     |
| TiO <sub>2</sub>               | 2,13      | 0,38     | 2,36      | 0,21     | 2,42               | 0,55     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,22      | 0,1      | -         | -        | 0,36               | 0,19     |
| P. F.                          | 5,10      | 1,41     | -         | -        | 2,95               | 0,37     |

Conquéré, 1966

Esteyries, 1982

Tableau 12 . - Géochimie comparée des faciès doléritiques du complexe basique de base dans différents secteurs du bassin de Châteaulin  
Bolazec (Nord), St Gelven (Est), Gouézec - St Thois (Sud) .

On remarque :

- les volcanites basiques ont toutes la même signature caractérisée par une forte teneur en TiO<sub>2</sub>
- les analyses géochimiques des roches basiques de la bordure Nord du bassin de Châteaulin placées dans des diagrammes discriminants montrent des affinités avec des tholéïtes de zones stables de type "point chaud" (Bebien, 1974 ; Maillet, 1977 ; Rolet et Thonon, 1979).

## II - 5 - 2 - 2 - LES FACIES ACIDES

Les formations volcaniques acides surmontent les formations basiques sur Gouézec - St Thois comme les autres secteurs du bassin de Châteaulin et appartiennent apparemment au complexe de base décrit par Lecolle et al. (1974).

Sagon (1977) a décrit au SW de St Martin-des-Prés près de La Porte-aux-Moines (fig. 23) des tufs ponceux datés du Dinantien, appartenant au complexe de base. Au microscope il observe des échardes vitreuses et des radiolaires. Ces tufs sont essentiellement constitués de quartz et de feldspaths potassiques. Les analyses confirment leur caractère très siliceux et potassique et montrent qu'ils contiennent peu de CaO. Cet auteur décrit des rhyolites alcalines potassiques dont les caractères géochimiques sont identiques à ceux des tufs ponceux.

J'ai eu l'occasion d'observer ces roches de St-Martin-des-Prés afin de les comparer aux volcanites de Gouézec - St Thois. On peut noter que :

- à l'échelle macroscopique, elles sont semblables
- à l'échelle microscopique, les roches volcaniques acides de Gouézec - St Thois ne contiennent pas de radiolaires
- les volcanites de St Martin-des-Prés sont plus potassiques que celles de Gouézec - St Thois mais elles sont également pauvres en CaO. Dans l'ensemble elles sont comparables par leur position stratigraphique, leur aspect macroscopique et microscopique et leur géochimie.

Les ignimbrites de la région de St Gelven qui clôturent le cycle des éruptions volcaniques du complexe de base (Esteyries, 1982) sont en général très acides et sont pauvres en CaO comme celles de Gouézec - St Thois.

#### II - 5 - 3 - CONCLUSIONS

Les quelques faciès volcaniques que l'on a pu comparer appartiennent tous au complexe de base décrit par Lecolle et al. (1974). Les données géochimiques fournies par l'analyse des volcanites de Gouézec - St Thois montrent une bonne cohérence avec les données actuellement disponibles sur le volcanisme dévono-dinantien du bassin de Châteaulin.

#### II - 6 - CONCLUSION GENERALE

Dans la zone de Gouézec - St Thois la limite du Dévonien - Dinantien est marquée par un volcanisme bimodal.

Les roches volcaniques basiques sont représentées par des métadolérites à composition de basaltes tholéitiques résultant d'une activité volcanique de type intraplaque.

Les faciès volcaniques acides sont essentiellement représentés par des ignimbrites à composition de rhyolites très acides, pauvres en éléments alcalins.

Il semble que les roches volcaniques basiques se soient mises en place sous la forme d'un sill et de filons. Le volcanisme acide est interstratifié dans les schistes noirs carbonifères, ou repose sur le volcanisme basique ainsi que sur le Dévonien moyen (cf. VI, première partie).

Le volcanisme observé sur le secteur de Gouézec - St Thois est comparable à celui décrit dans le bassin de Châteaulin à la limite des formations du Dévonien et du Carbonifère.

### III - ETUDE GEOCHIMIQUE DES FACIES HYDROTHERMAUX

Les faciès hydrothermaux rencontrés sur le secteur de Gouézec - St Thois sont de deux types :

- soit essentiellement chloriteux
- soit essentiellement carbonatés

(cf. première partie, II - 1 - 4 et IV - 3).

Leur étude géochimique a été réalisée à l'aide de plusieurs techniques :

- analyse chimique des chloritites sur roche totale (C.R.P.G. Nancy)
- analyse des chloritites à la microsonde Ouest CAMEBAX sur lames polies et en faisceau défocalisé
- analyse des chlorites par diffraction des R. X.
- analyse des chlorites à la microsonde Ouest CAMEBAX en faisceau focalisé, des chloritites et des faciès carbonatés
- analyse des carbonates à la microsonde Ouest CAMEBAX en faisceau focalisé.

### III - 1 - LES CHLORITITES

Les faciès hydrothermaux chloriteux ont été observés en surface et en sondage. Ils sont toujours situés dans la formation IV.

Trois échantillons ont été choisis :

- Tor 2 54,25 ; Tor 2 71,10 ; Tor 2 73,45.

Lorsque les chloritites ont été analysées sur roche totale les filonets observés (cf. première partie, III - 1 - 4) ont été supprimés avant la fabrication de la poudre.

Les analyses des chloritites effectuées au C.R.P.G. et à la microsonde Ovest CAMEBAX sont reportées dans le tableau 13. La comparaison des analyses permet ces premières remarques :

- pour un échantillon donné, les résultats fournis par les deux méthodes analytiques utilisées sont cohérents ;
- les différences les plus caractéristiques entre les chloritites se font essentiellement sur deux éléments : Fe et Mg.

Ces chloritites se répartissent en deux groupes :

- Le premier groupe (Tor 2 71,10 et Tor 2 73,45) .

|                  |  |                     |
|------------------|--|---------------------|
| analyse C.R.P.G. | 16,62 < Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> < 19,81 | 15,54 < MgO < 17,00 |
| analyse CAMEBAX  | 14,21 < Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> < 20,23 | 17,32 < MgO < 18,19 |

- Le deuxième groupe (Tor 2 54,25)

|                  |  |                    |
|------------------|--|--------------------|
| analyse C.R.P.G. | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 35,69         | MgO = 4,79         |
| analyse CAMEBAX  | 29,88 < Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> < 38,65 | 4,35 < MgO < 5,69. |

La silice dans les deux groupes n'est jamais abondante et est toujours inférieure au tiers du total des éléments majeurs. Les alcalins et alcalino-terreux ont toujours des teneurs très faibles. Le titane est relativement abondant (jusqu'à 2,72%) ; mais les analyses microsondes reflètent les variations importantes dans l'abondance du TiO<sub>2</sub>, soulignées au microscope optique par des différences de teinte de la roche dues à la présence ou à l'absence de rutil (cf. première partie, IV - 3 - 2).

### III - 2 - LES FACIES HYDROTHERMAUX CARBONATES

Observés uniquement en sondage (cf. IV - 3 - 1) ils sont soit associés à de la chlorite secondaire, soit sans chlorite. Une légère minéralisation est présente. L'étude géochimique a été effectuée sur deux échantillons provenant de deux sondages différents : Tor 2 247,50 et Tor 1, 151 m correspondant au faciès hydrothermal carbonaté à chlorite associée (cf. document 2, hors texte).

L'analyse des carbonates a été effectuée sur 23 impacts à la microsonde Ovest CAMEBAX en faisceau focalisé.

Les carbonates présentent fréquemment une zonation interne qui souligne leur croissance. L'analyse ponctuelle a donc été effectuée perpendiculairement à cette zonation : du coeur vers l'extérieur (photo 19, pl. V)

Les analyses du tableau 14 correspondent à l'analyse de 2 ou 3 cristaux uniquement.

Les carbonates ont une composition où la teneur de CaO est toujours supérieure à celle de MgO (CaO/MgO > 1). Il s'agit donc de dolomie légèrement ferrifère (Deer et al., 1980).

Dans un triangle Ca + K, Mn + Fe, Mg (fig. 25) toutes les analyses se regroupent

| N° Echantillon                 | Tor 2<br>54.25 | Tor 2<br>71.10 | Tor 2<br>73.45 | Tor 2 54.25               |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | Tor 2 71.10 |       |       |       |       |       |       | Tor 2 73.45 |  |  |  |  |  |  |
|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|--|--|--|--|--|--|
|                                | 083555         | 083556         | 083557         | 11                        | 12    | 13    | 14    | 15    | 16    | 17    | 18    | 19    | 20    | 24    | 25    | 26          | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7           |  |  |  |  |  |  |
| N° Analyse                     | 083555         | 083556         | 083557         |                           |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |             |  |  |  |  |  |  |
| SiO <sub>2</sub>               | 25.71          | 27.35          | 26.01          | 21.44                     | 21.61 | 21.61 | 21.44 | 21.18 | 27.07 | 25.58 | 28.73 | 28.32 | 28.15 | 30.87 | 29.08 | 29.27       | 25.07 | 25.47 | 25.23 | 25.30 | 24.61 | 25.17 | 25.11       |  |  |  |  |  |  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 21.84          | 25.00          | 24.85          | 23.88                     | 24.07 | 23.80 | 24.15 | 23.74 | 27.15 | 26.00 | 26.51 | 26.10 | 26.39 | 28.46 | 27.06 | 27.26       | 25.13 | 24.87 | 24.75 | 21.64 | 24.97 | 24.62 | 24.47       |  |  |  |  |  |  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 35.69          | 16.62          | 19.81          | nd                        | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd          | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd          |  |  |  |  |  |  |
| FeO                            | nd             | nd             | nd             | 34.66                     | 33.67 | 34.78 | 33.82 | 34.64 | 26.89 | 28.55 | 12.19 | 12.40 | 13.33 | 11.03 | 11.91 | 12.00       | 18.13 | 17.88 | 17.81 | 18.21 | 17.61 | 17.29 | 17.10       |  |  |  |  |  |  |
| MnO                            | 0.77           | 0.20           | 0.21           | 0.76                      | 0.79  | 0.75  | 0.83  | 0.62  | 0.47  | 0.71  | 0.23  | 0.14  | 0.16  | 0.17  | 0.17  | 0.05        | 0.01  | 0.21  | 0.19  | 0.12  | 0.28  | 0.22  | 0.22        |  |  |  |  |  |  |
| MgO                            | 4.79           | 17.97          | 16.98          | 5.65                      | 5.36  | 5.40  | 5.69  | 5.64  | 4.35  | 4.49  | 16.84 | 16.86 | 17.43 | 15.54 | 15.68 | 17.00       | 17.40 | 18.19 | 18.06 | 17.89 | 17.32 | 17.61 | 17.83       |  |  |  |  |  |  |
| CaO                            | tr             | 0.04           | tr             | 0.07                      | 0.06  | 0.05  | 0.05  | 0.01  | 0     | 0.09  | 0.08  | 0.10  | 0.09  | 0.05  | 0.07  | 0.02        | 0     | 0.01  | 0.01  | 0     | 0.04  | 0     | 0.04        |  |  |  |  |  |  |
| Na <sub>2</sub> O              | 0.04           | 0.02           | 0.02           | 0.11                      | 0.06  | 0.01  | 0     | 0.02  | 0.18  | 0.15  | 0.19  | 0.18  | 0.15  | 0.25  | 0.10  | 0.14        | 0     | 0     | 0.03  | 0     | 0.04  | 0     | 0           |  |  |  |  |  |  |
| K <sub>2</sub> O               | tr             | 0.20           | 0.03           | 0.03                      | 0     | 0     | 0     | 0     | 2.08  | 1.46  | 1.25  | 1.15  | 1.03  | 2.19  | 1.53  | 1.43        | 0.01  | 0     | 0.04  | 0     | 0.04  | 0.01  | 0           |  |  |  |  |  |  |
| TiO <sub>2</sub>               | 0.95           | 1.22           | 1.07           | 0.43                      | 0.07  | 0.03  | 0.17  | 0.78  | 0     | 0     | 1.11  | 0.97  | 1.30  | 0.55  | 0.57  | 0.20        | 0.02  | 0     | 0.03  | 1.49  | 2.72  | 1.29  | 1.15        |  |  |  |  |  |  |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | nd             | nd             | nd             | 0.01                      | 0     | 0     | 0.10  | 0.03  | 0.05  | 0     | 0     | 0.10  | 0     | 0     | 0.02  | 0.03        | 0     | 0     | 0.01  | 0.04  | 0.01  | 0.01  | 0           |  |  |  |  |  |  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0.15           | 0.22           | 0.17           | nd                        | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd          | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd          |  |  |  |  |  |  |
| P. F.                          | 8.96           | 10.60          | 10.38          | nd                        | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd          | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd          |  |  |  |  |  |  |
| TOTAL                          | 98.90          | 99.44          | 99.53          | 87.04                     | 85.69 | 86.27 | 86.62 | 87.28 | 88.25 | 87.04 | 87.55 | 86.33 | 88.03 | 89.04 | 87.16 | 87.92       | 86.18 | 86.65 | 86.17 | 87.73 | 86.72 | 86.27 | 85.38       |  |  |  |  |  |  |
| Analyses C.R.P.G.              |                |                |                | Analyses microsonde Ouest |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |             |  |  |  |  |  |  |

Tableau 13.- Composition chimique des chloritites.  
(analyses microsonde Ouest CAMEBAX en faisceau dé-  
focalisé et en roche totale au C.R.P.G. de Nancy).

| ECHANTILLON                    |  | TOR 2 247,50 |        |        |        |        |        |        |       |        |        |        |        |       |           | 38 → 56  |  |
|--------------------------------|--|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|-----------|----------|--|
| N° ANALYSE                     |  | 38           | 39     | 40     | 41     | 42     | 43     | 48     | 49    | 50     | 51     | 54     | 55     | 56    | $\bar{x}$ | $\sigma$ |  |
| SiO <sub>2</sub>               |  | 0,07         | 0,15   | 0      | 0,09   | 0,25   | 0,80   | 0,05   | 0,47  | 0,07   | 0      | 0,18   | 0      | 0,01  | 0,16      | 0,23     |  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |  | 0            | 0      | 0      | 0      | 0,23   | 0,24   | 0      | 0,01  | 0      | 0,03   | 0,12   | 0,02   | 0     | 0,05      | 0,08     |  |
| FeO                            |  | 10,5         | 9,03   | 6,79   | 6,97   | 7,41   | 7,80   | 6,79   | 6,35  | 12,60  | 0      | 0      | 0      | 0,05  | 5,71      | 4,31     |  |
| MnO                            |  | 2,47         | 2      | 1,54   | 1,98   | 3      | 2,31   | 4,39   | 2,68  | 2,36   | 3,61   | 2,06   | 1,95   | 1,78  | 2,47      | 0,79     |  |
| MgO                            |  | 35,85        | 40,36  | 41,67  | 41,87  | 40,73  | 36,05  | 41,03  | 37,19 | 37,99  | 42,35  | 39,18  | 38,96  | 34,26 | 39,04     | 2,60     |  |
| CaO                            |  | 57,54        | 60,16  | 59,50  | 59,87  | 57,06  | 57,82  | 56,27  | 52,69 | 54,01  | 55,32  | 58,29  | 59,23  | 55,25 | 57,17     | 2,33     |  |
| Na <sub>2</sub> O              |  | 0            | 0,25   | 0      | 0      | 0      | 0,05   | 0,08   | 0,01  | 0,12   | 0      | 0      | 0      | 0,05  | tr        | -        |  |
| K <sub>2</sub> O               |  | 0            | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0     | 0      | 0      | 0      | 0      | 0     | 0         | -        |  |
| TiO <sub>2</sub>               |  | 0            | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0,02  | 0      | 0      | 0      | 0,01   | 0,01  | tr        | -        |  |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |  | 0,02         | 0      | 0,09   | 0,03   | 0,18   | 0,11   | 0      | 0,22  | 0,05   | 0      | 0,07   | 0      | 0,01  | tr        | -        |  |
| Total                          |  | 106,46       | 111,95 | 109,59 | 110,75 | 108,86 | 104,87 | 108,61 | 99,65 | 107,21 | 107,75 | 107,07 | 108,04 | 99,33 | -         | -        |  |
| F. M.                          |  | 0,203        | 0,166  | 0,127  | 0,125  | 0,157  | 0,170  | 0,266  | 0,151 | 0,228  | 0,145  | 0,147  | 0,155  | 0,172 | 0,170     | 0,04     |  |
| CaO/MgO                        |  | 1,60         | 1,49   | 1,23   | 1,43   | 1,40   | 1,60   | 1,37   | 1,42  | 1,43   | 1,31   | 1,48   | 1,52   | 1,61  | 1,45      | 0,11     |  |

| ECHANTILLON                    |        | TOR 1 151,00 |        |        |        |        |        |        |        |        |       |           | 57 → 66  |  |
|--------------------------------|--------|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-----------|----------|--|
| N° ANALYSE                     |        | 57           | 58     | 59     | 60     | 61     | 62     | 63     | 64     | 65     | 66    | $\bar{x}$ | $\sigma$ |  |
| SiO <sub>2</sub>               | 0      | 0            | 0      | 0,51   | 1,06   | 0,26   | 1,85   | 0      | 0,11   | 5,66   | 0     | 0,94      | 1,76     |  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0      | 0,06         | 0,63   | 0,91   | 0      | 1,41   | 1,41   | 0,03   | 0,01   | 4,91   | 0     | 0,80      | 1,53     |  |
| FeO                            | 7,22   | 6,67         | 9,67   | 6,37   | 0,96   | 7,02   | 7,02   | 6,56   | 1,28   | 6,08   | 1,70  | 5,35      | 2,96     |  |
| MnO                            | 3,25   | 2,30         | 1,08   | 4,57   | 2,55   | 7,60   | 7,60   | 2,65   | 1,32   | 1,05   | 1,09  | 2,74      | 2,05     |  |
| MgO                            | 42,83  | 43,61        | 37,59  | 40,62  | 41,41  | 37,23  | 42,27  | 46,99  | 48,47  | 49,02  | 42,92 | 4,12      | 4,12     |  |
| CaO                            | 54,69  | 52,84        | 53,67  | 54,80  | 60,49  | 53,24  | 55,51  | 58,76  | 48,23  | 59,09  | 55,04 | 3,64      | 3,64     |  |
| Na <sub>2</sub> O              | 0,01   | 0,01         | 0      | 0,04   | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0     | tr        | -        |  |
| K <sub>2</sub> O               | 0      | 0,03         | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0     | tr        | -        |  |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,05   | 0            | 0      | 0,03   | 0      | 0      | 0      | 0,03   | 0      | 0      | 0     | tr        | -        |  |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,17   | 0            | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0,08   | 0,02   | 0,04  | tr        | -        |  |
| Total                          | 108,22 | 105,51       | 103,20 | 108,40 | 105,68 | 108,35 | 107,04 | 108,54 | 114,41 | 110,93 | -     | -         | -        |  |
| F. M.                          | 0,151  | 0,130        | 0,172  | 0,164  | 0,058  | 0,223  | 0,137  | 0,039  | 0,097  | 0,040  | 0,121 | 0,060     | 0,060    |  |
| CaO/MgO                        | 1,28   | 1,21         | 1,43   | 1,35   | 1,46   | 1,43   | 1,31   | 1,21   | 0,99   | 1,20   | 1,29  | 0,14      | 0,14     |  |

Tableau 14. - Composition chimique des carbonates du faciès hydrothermal carbonaté (microsonde Ouest CAMEBAX en faisceau focalisé).

autour d'un seul pôle (dolomie).

Cet ensemble de points s'étire légèrement vers le pôle Mn + Fe traduisant ainsi les grandes variations de la teneur en fer ( $0 < \text{FeO} < 12,6\%$ ).

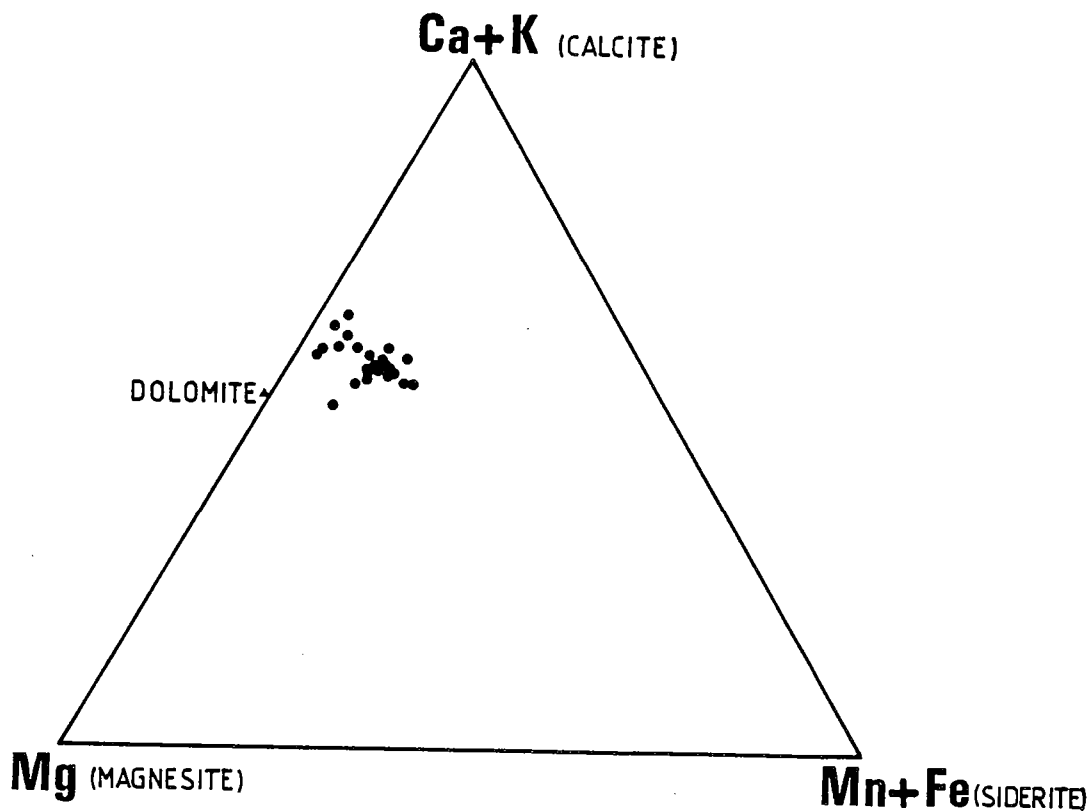


Figure 25 . - Distribution des carbonates dans un triangle Ca + K, Mg, Mn + Fe (dans Girard, 1985).

### III - 3 - LES CHLORITES

Sur le secteur de Gouézec - St Thoïs on peut subdiviser en deux groupes les chlorites qui appartiennent aux faciès hydrothermaux :

- les premières constituent l'ensemble de la roche et le terme de chloritite peut être appliquée (Tor 2 54,25 ; Tor 2 71,10 et Tor 2 73,45).
- les secondes sont associées aux faciès hydrothermaux carbonatés (Tor 2 247,50). Elles sont postérieures à la mise en place des carbonates (cf. première partie, IV - 3 - 1).

Ces chlorites ont été étudiées à l'aide des techniques suivantes :

- la diffractométrie des R. X.
- la microsonde Ouest CAMEBAX.

| ECHANTILLON                    | TOR 2 73,45 |       |       |       | TOR 2 71,10 |       |       |        | TOR 2 247,50 |        |        |        | 8, 9, 10<br>21, 22, 23 |          | 44 → 47   |          | ensemble  |          |
|--------------------------------|-------------|-------|-------|-------|-------------|-------|-------|--------|--------------|--------|--------|--------|------------------------|----------|-----------|----------|-----------|----------|
|                                | N° ANALYSE  | 8     | 9     | 10    | 21          | 22    | 23    | 44     | 45           | 46     | 47     | 47     | $\bar{x}$              | $\sigma$ | $\bar{x}$ | $\sigma$ | $\bar{x}$ | $\sigma$ |
| SiO <sub>2</sub>               |             | 25,10 | 24,72 | 25,12 | 25,75       | 26,53 | 25,76 | 37,48  | 46,40        | 46,57  | 41,06  | 41,06  | 25,49                  | 0,55     | 42,87     | 4,41     | 32,45     | 9,34     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |             | 24,83 | 24,67 | 24,27 | 25,32       | 25,41 | 24,10 | 32,67  | 36,76        | 38,59  | 34,24  | 34,24  | 24,73                  | 0,50     | 35,56     | 2,63     | 14,96     | 12,50    |
| FeO                            |             | 18,02 | 18,69 | 18,23 | 14,19       | 12,91 | 14,09 | 3,69   | 0,56         | 0,26   | 3,29   | 3,29   | 16,02                  | 2,56     | 1,95      | 1,79     | 10,33     | 7,58     |
| MnO                            |             | 0,2   | 0,2   | 0,17  | 0,22        | 0     | 0,21  | 0,02   | 0            | 0,12   | 0      | 0      | 0,17                   | 0,08     | 0,03      | 0,06     | 0,11      | 0,10     |
| MgO                            |             | 19,12 | 18,33 | 18,68 | 20,01       | 19,46 | 20,70 | 11,26  | 2,33         | 0,96   | 6,81   | 6,81   | 19,38                  | 0,87     | 5,34      | 4,67     | 13,76     | 7,76     |
| CaO                            |             | 0     | 0,01  | 0     | 0           | 0,06  | 0     | 0,07   | 0,06         | 0,41   | 0,08   | 0,08   | tr                     | -        | 0,15      | 0,17     | tr        | -        |
| Na <sub>2</sub> O              |             | 0     | 0     | 0,02  | 0,02        | 0     | 0     | 0,56   | 1,12         | 1,33   | 1,02   | 1,02   | tr                     | -        | 1,01      | 0,32     | tr        | -        |
| K <sub>2</sub> O               |             | 0     | 0     | 0     | 0,01        | 0,02  | 0     | 3,46   | 7,26         | 7,37   | 5,41   | 5,41   | tr                     | -        | 5,87      | 1,85     | 2,35      | 3,21     |
| TiO <sub>2</sub>               |             | 0,01  | 0     | 0     | 0           | 0     | 0     | 0,03   | 0            | 0,01   | 0,08   | 0,08   | tr                     | -        | tr        | -        | tr        | -        |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |             | 0     | 0     | 0,04  | 0           | 0     | 0     | 0      | 0            | 0      | 0,03   | 0,03   | tr                     | -        | tr        | -        | tr        | -        |
| P. F.                          |             | 11,80 | 11,66 | 11,67 | 11,80       | 11,80 | 11,72 | 13,31  | 14,33        | 14,51  | 12,71  | 12,71  | 11,74                  | 0,07     | 13,71     | 0,85     | 12,53     | 1,13     |
| TOTAL                          |             | 99,09 | 98,28 | 98,14 | 97,14       | 96,29 | 96,58 | 102,56 | 108,79       | 110,13 | 105,73 | 105,73 | -                      | -        | -         | -        | -         | -        |
| F. M.                          |             | 0,348 | 0,368 | 0,359 | 0,288       | 0,271 | 0,279 | 0,156  | 0,119        | 0,182  | 0,213  | 0,213  | 0,319                  | 0,04     | 0,167     | 0,04     | 0,258     | 0,09     |

Tableau 15. - Composition chimique des chlorites des faciès hydrothermaux (microsonde Ouest CANEBAX en faisceau focalisé).

### III - 3 - 1 - ANALYSES DES CHLORITES PAR DIFFRACTION DES R. X. SUR ROCHE TOTALE

Cette première méthode montre que les chlorites des faciès hydrothermaux sont de type ferro-magnésien (cf. fig. 11 ).

### III - 3 - 2 - ANALYSE DES CHLORITES PAR MICROSONDE OUEST CAMEBAX EN FAISCEAU DEFOCALISE

On peut considérer que les chloritites sont constituées essentiellement de chlorite, et que par approximation, on peut utiliser les analyses des chloritites (tableau 13 ) pour déterminer la nature de ces phyllosilicates.

Si l'on compare ces compositions de chlorites à celles données dans Deer et al. (1980), on obtient les résultats suivants :

- les chlorites des chloritites du premier groupe (Tor 2 71,10 et Tor 2 73,45) ont des teneurs en  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  et MgO sensiblement identiques (de l'ordre de 18%). Les chlorites de ce premier groupe peuvent être assimilées à des ripidolites :
- les chlorites des chloritites du second groupe (Tor 2 54,25) sont nettement plus riches en fer (36%) qu'en magnésium (5%). Elles s'apparentent à des thuringites.

Ces résultats demandent à être confirmés par l'analyse des chlorites en faisceau focalisé.

### III - 3 - 3 - ANALYSES DES CHLORITES PAR MICROSONDE OUEST CAMEBAX EN FAISCEAU FOCALISE

Deux des échantillons précédents (Tor 2 71,10 et Tor 2 73,45) ont été étudiés en faisceau focalisé.

Un troisième échantillon (Tor 2 247,50) a été introduit afin de comparer les chlorites associées secondairement aux faciès hydrothermaux carbonatés, à celles des chloritites. Les résultats sont donnés dans le tableau

On remarque que si l'on compare les analyses de chloritites en faisceau défocalisé (tableau 13 ) et les analyses de chlorites en faisceau focalisé (tableau 15 ) pour les échantillons Tor 2 71,10 et Tor 2 73,45, les résultats sont cohérents dans les deux méthodes d'analyse ; ceci permet de justifier l'approximation faite précédemment (cf. III - 2) :

- les pourcentages de FeO et MgO sont en effet sensiblement identiques par les deux méthodes :

|                  | faisceau   |                     |                     |
|------------------|------------|---------------------|---------------------|
| pour Tor 2 71,10 | défocalisé | 12,79 < FeO < 13,33 | 15,54 < MgO < 17,43 |
|                  | focalisé   | 12,91 < FeO < 14,19 | 19,46 < MgO < 20,70 |
| pour Tor 2 73,45 | défocalisé | 17,10 < FeO < 18,21 | 17,32 < MgO < 18,19 |
|                  | focalisé   | 18,02 < FeO < 18,69 | 18,33 < MgO < 19,12 |

Les résultats les plus cohérents sont au niveau du fer pour Tor 2 71,10 (pour cet échantillon on note une légère différence au niveau de MgO entre les deux méthodes) et au niveau des deux éléments pour Tor 2 73,45.

Si l'on ne tient compte que des analyses de chlorites en faisceau focalisé :

- On observe une nette différence de composition entre les chlorites des chloritites et celles as-



sociées secondairement aux faciès hydrothermaux carbonatés.

Ces dernières sont plus riches en  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  et  $\text{K}_2\text{O}$  et elles sont nettement plus pauvres en  $\text{FeO}$  et  $\text{MgO}$ .

Dans le diagramme (fig. 26) de Hey (1954) les chlorites forment deux ensembles distincts.

Les teneurs en fer sont exprimées sous la forme  $\text{FeO}$  total ou  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  total ; on ne connaît pas les proportions relatives de  $\text{Fe}^{2+}$  et  $\text{Fe}^{3+}$ . Donc pour le groupe des chlorites appartenant à Tor 2 71,10 et Tor 2 73,45 il se pose un problème de choix de nomenclature dans le diagramme de Hey ; ces échantillons comportent plus de 12,91 de  $\text{FeO}$  total, le  $\text{FeO}$  ( $\text{Fe}^{2+}$ ) domine dans les chlorites donc on supposera que la proportion de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  est inférieure à 4%.

Les chlorites de ces deux échantillons appartiennent à la famille des thuringites et plus particulièrement s'apparentent aux ripidolites, chlorites qui sont largement répandues au niveau des gisements de type amas sulfurés ou dans leur contexte (Routhier et al., 1980 ; Esteyries, 1982 ; Aye, 1983). Les chlorites associées aux faciès hydrothermaux carbonatés sont par contre de type pennine, talc-chlorite.

### III - 4 - VARIATIONS DE LA COMPOSITION DES CHLORITES (DES CHLORITITES)

La différence de composition (cf. III - 3 - 1) entre Tor 2 71,10, Tor 2 73,45 et Tor 2 54,25 peut s'expliquer par la présence d'une petite minéralisation à blende-pyrite de type stockwerk au niveau de Tor 2 54,25.

Les teneurs en  $\text{FeO}$  varient de 15,21 (Tor 2 71,10 et Tor 2 73,45) en moyenne à 32,43 (pour Tor 2 54,25), de même que pour  $\text{MgO}$  elles passent de 17,32 (pour Tor 2 71,10 et Tor 2 73,45) à 5,22 (pour Tor 2 54,25).

Ces teneurs reportées dans un diagramme  $\text{FeO} = f(\text{MgO})$  montrent une substitution de  $\text{MgO}$  par  $\text{FeO}$  dans les chlorites très ferrifères : elle se matérialise par un rapide déplacement des valeurs situées sur la droite  $\text{FeO} = \text{MgO}$  vers l'abscisse représentée par  $\text{FeO}$  (fig. 27)

Cette substitution de chlorites ferro-magnésiennes par des chlorites ferrifères a déjà été observé dans les gisements de type Kuroko (Yamaoka et Asakura, 1974).

Esteyries (1982) a remarqué également qu'à l'approche des minéralisations qu'elle a étudiées sur la zone de Gouarec (bassin de Châteaulin), les chlorites des faciès hydrothermaux (exhalites) deviennent plus ferrifères et que l'augmentation des teneurs en fer s'accompagne d'une diminution des teneurs en magnésium.

Ce phénomène chimique pourrait être retenu comme indice de minéralisation.

### III - 5 - CONCLUSION

Les carbonates des faciès hydrothermaux carbonatés sont magnésiens, de type dolomie.

Les chlorites des chloritites sont de type ferro-magnésien, appartenant à la famille des thuringites (sensu-lato). A l'approche de la minéralisation elles évoluent vers un pôle ferrifère. Les chlorites associées secondairement aux faciès hydrothermaux carbonatés sont plus sili-

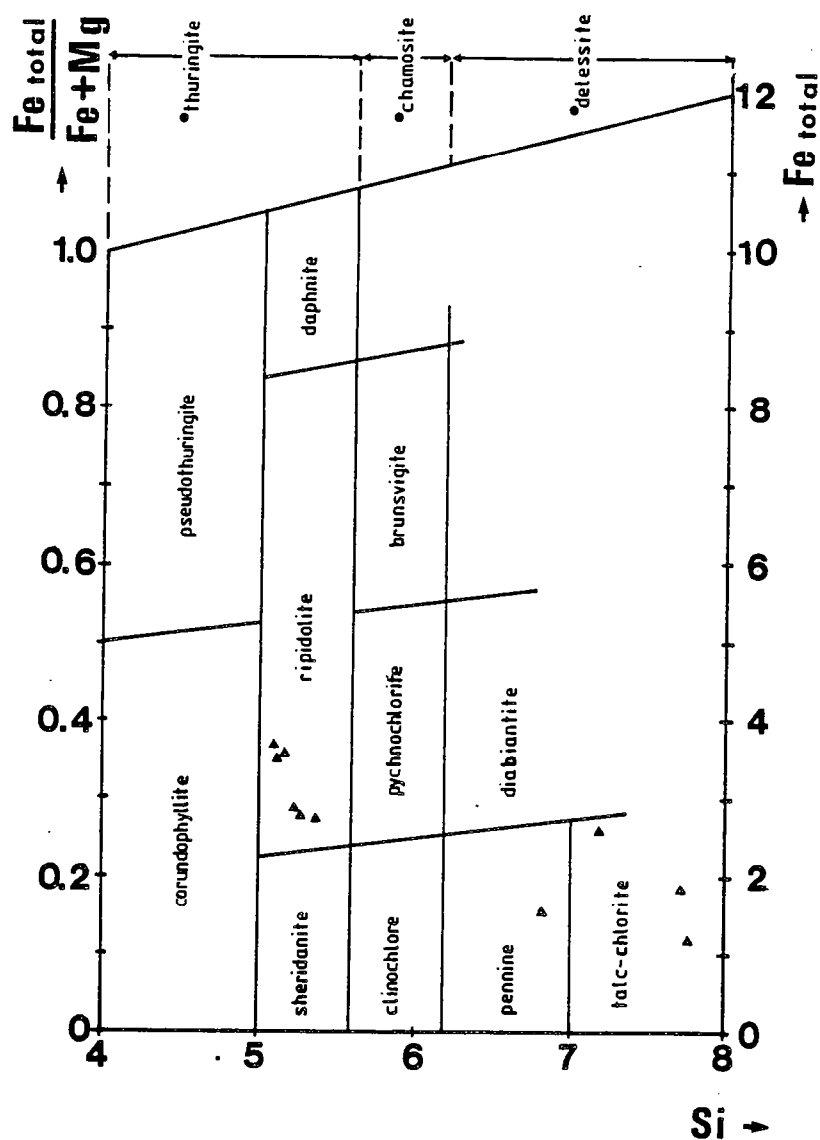


Figure 26 . - Position des chlorites des faciès hydrothermaux dans le diagramme de Hey (1954)  
 (nomenclature pour les chlorites  $\text{Fe}_2\text{O}_3 < 4\%$ )  
 ●: nomenclature pour les chlorites  $\text{Fe}_2\text{O}_3 > 4\%$   
 ▲: Tor 2 73,45 et Tor 2 71,10 m  
 ▲: Tor 1 247,50.



ceuses, plus alumineuses et plus potassiques que les précédentes. .

La distinction chimique entre chlorite des chloritites et chlorite des faciès hydrothermaux carbonatés permet d'émettre l'hypothèse de deux venues hydrothermales distinctes et successives :

- un faciès chloriteux essentiellement composés de chlorites ferro-magnésiennes
- un faciès carbonaté associant des chlorites à composition chimique différentes des précédentes.

Cette hypothèse est étayée par deux observations :

- le premier faciès est présent dans la formation IV et absent dans la formation VI
- l'inverse est observé pour le second faciès.

On retiendra que ces deux faciès malgré leur chimie distincte sont caractéristiques de venues hydrothermales ferro-magnésiennes qui à des périodes données ont affecté la zone de Gouézec - St Thois.



## **TROISIEME PARTIE**

### **Prospection Géo - physique**

| MÉTHODES                 | Contraste                     | Paramètre mesuré ou calculé                                      | Unité                             | Recherche directe  | Recherche  |             |
|--------------------------|-------------------------------|--|-----------------------------------|--|------------|-------------|
|                          |                               |  |                                   |  | indirecte  | structurale |
| Méthodes directionnelles | Gravimétrie                   | accélération de la pesanteur                                     | milligal (mg)                     | Sulfures massifs - Magnétite - Chromite - Barytine - Charbon | coupoles   | X           |
|                          | Magnétisme                    | champ magnétique   | gamma ( $\gamma$ ) nanotesla (nT) | Magnétite - Pyrrhotine - Chromite - Ilménite                 |            | X           |
|                          | Polarisation Spontanée (P.S.) | conductivité et pot. redox.                                      | millivolt (mV)                    | Sulfures massifs - graphite                                  |            | X           |
|                          | Résistivité                   | différence de potentiel  | ohm-mètre (Ω m)                   | Prolongement de minéralisations conductrices                 | failles    | X           |
|                          |                               |  |                                   | Minerais résistants et filons                                |            |             |
|                          | Polarisation Provoquée (P.P.) | chargeabilité (* résistivité) polarisabilité                     | milliseconde (ms)                 | Toit des corps conducteurs résistants                        |            | X           |
|                          | Electromagnétisme             | résistivité apparente  | milliseconde (ms)                 | Sulfures disséminés Argiles - Bauxite Chromite               | failles    |             |
|                          |                               |  |                                   | Minerais conducteurs et filons                               | failles    | X           |
|                          | Magnétolellurique             | l'ellipse de polarisation. Composantes en phase et en quadrature |                                   | Minerais conducteurs et filons                               | failles    | X           |
|                          | Sismique                      | vitesse de propagation   | seconde et mètre/seconde (ms)     | Dômes de sel Gisements stratiformes                          | structures | X           |

Tableau 16. - Méthodes appliquées à la recherche minière (Chaussier et Morel, 1981).

## I - INTRODUCTION

De nombreuses méthodes géophysiques peuvent être appliquées à la recherche minière permettant d'obtenir des informations de divers ordres (Tableau 16) :

- données de paramètres physiques (densité, résistivité...)
- localisation de corps ou de structures qui présentent des différences de contrastes (de densité, de conductivité, de magnétisme...) par rapport à l'encaissant.

Sur le secteur de Gouézec - St Thois les méthodes géophysiques qui ont été utilisées, sont les suivantes :

- la gravimétrie
- les méthodes électriques (polarisation spontanée et mise à la masse d'un sondage)
- la méthode magnétotellurique : le V.L.F. (Very Low Frequency).

## II - LES METHODES GRAVIMETRIQUES

Cette méthode a été appliquée à l'échelle régionale ainsi qu'à l'échelle locale (sur la zone du permis d'études et de recherches (P.E.R.) de St Thois, par le B.R.G.M.) et plus particulièrement sur le secteur de Gouézec - St Thois.

### II - 1 - LA GRAVIMETRIE A L'ECHELLE REGIONALE

La carte gravimétrique du Massif Armoricaire (Goguel, 1950, 1967) a été établie avec une densité supérieure à un point de mesure pour 2 km. L'équidistance des courbes isogales est de 1 mgal.

Seule la partie occidentale de la carte a été représentée (fig. 28). Le secteur de Gouézec - St Thois se situe dans le quadrilatère : Briec, Châteauneuf-du-Faou, Pleyben, Châteaulin (cf. Introduction, I).

On observe une anomalie gravimétrique positive asymétrique allongée suivant un axe E W située sur la bordure méridionale du Bassin de Châteaulin.

Deux hypothèses peuvent être évoquées pour son interprétation :

- L'anomalie peut être liée à la présence de roches basiques de type dolérite qui ont été carto-



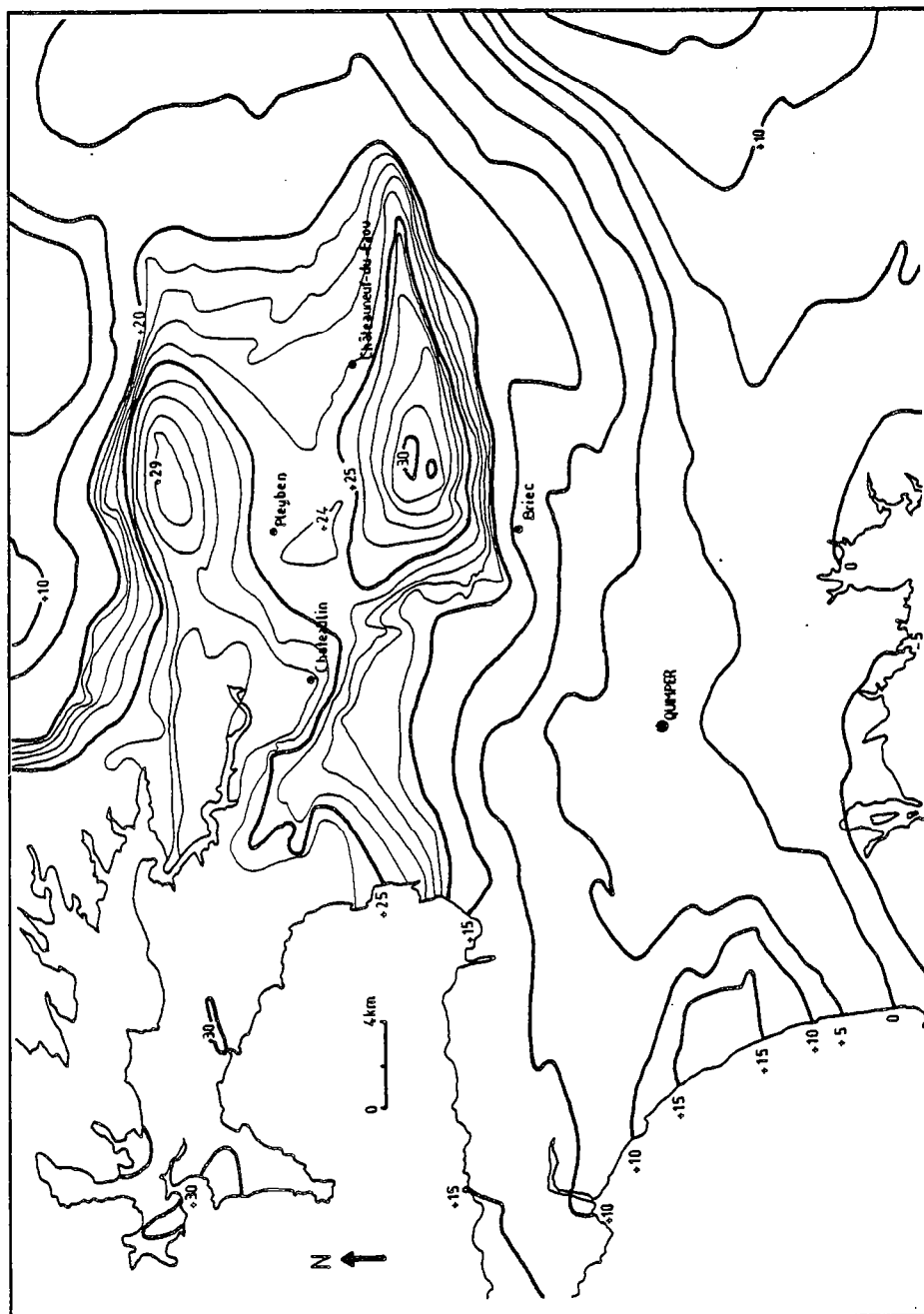


Figure 28 : Extrait de la carte gravimétrique de France à 1/200.000, feuille de Brest - Lorient.

graphiées sous la forme d'un sill (cf. document 1, hors texte) sur la zone de St Thois. Celles-ci ne représentent que la partie orientale d'un vaste épanchement basique situé à la limite des formations dévono-carbonifères (cf. fig. 5, deuxième partie).

- L'anomalie peut correspondre à la présence d'un bassin bien marqué de type graben, siège d'une subsidence active avec un taux de sédimentation très élevé, bassin qui serait d'âge Viséen supérieur, tel que le montre Rolet et al. (1982).

Seule une analyse du terrain par un sondage profond permettrait de confirmer l'une ou l'autre des hypothèses. Il faut noter que les deux situations peuvent coexister.

## II - 2 - LA GRAVIMETRIE A L'ECHELLE LOCALE

Une étude gravimétrique stratégique (fig. 29) sur 25 km<sup>2</sup> (avec une densité de 3 stations au km<sup>2</sup>) du P.E.R. St Thois, a permis de confirmer l'existence d'un "lourd" régional et a mis en évidence plusieurs anomalies lourdes dont 3 sur le prospect de Torhoat ainsi que sur Menez-Albot (Marot, 1985).

Une étude tactique (fig. 30) a été ensuite entreprise afin d'affiner les résultats précédents et de mieux cerner les limites des anomalies, en augmentant la maille de recherche.

Seules les anomalies de Torhoat ont été reprises (fig. 29 et 30) dans cette étude.

Sur la butte de Torhoat, on observe un axe "lourd" orienté E W, au Nord dans la dépression on observe un axe "léger" parallèle au précédent. Sur la zone du Cosquer les anomalies prennent une orientation N 70. Au niveau de la ferme de Kermenez on note la présence d'un axe lourd orienté sensiblement NS. Dans les sondages effectués de nombreuses mesures de densité ont été réalisées sur les échantillons recueillis. Celles-ci ont permis de mettre en évidence la forte densité des schistes à chloritoïde qui varie entre 2,7 et 3 (suivant l'abondance du chloritoïde). En comparant les cartes d'anomalies avec la carte géologique détaillée, du secteur de Gouézec - St Thois (document 1, hors texte) on peut établir une relation nette entre les axes lourds et la présence de schistes à chloritoïdes. L'axe "léger" accompagnant l'axe "lourd" sur la butte de Torhoat semble lié à la présence de la formation VI, volcanosédimentaire, en particulier aux volcanites acides.

L'anomalie "lourde" orientée N S, à Kermenez est liée à la formation de schistes à chloritoïdes et aux quartzites associés qui affleurent à cet endroit. Son orientation N S semble due à une variation de la direction de la stratification (cf. document 1, hors texte). Par contre l'axe "lourd" observée au niveau du Cosquer correspond cartographiquement à la présence de schistes noirs appartenant à la formation VI.

Ces densités élevées peuvent être liées à la présence de minéralisations qui ne peut être observée que par sondage.

## III - LES METHODES ELECTRIQUES

Deux méthodes ont été utilisées sur la zone de Torhoat :

- la polarisation spontanée
- la mise à la masse d'un sondage.

### III - 1 - LA POLARISATION SPONTANEE (P. S.)

Des différences de potentiel électrochimiques peuvent apparaître entre minéraux et

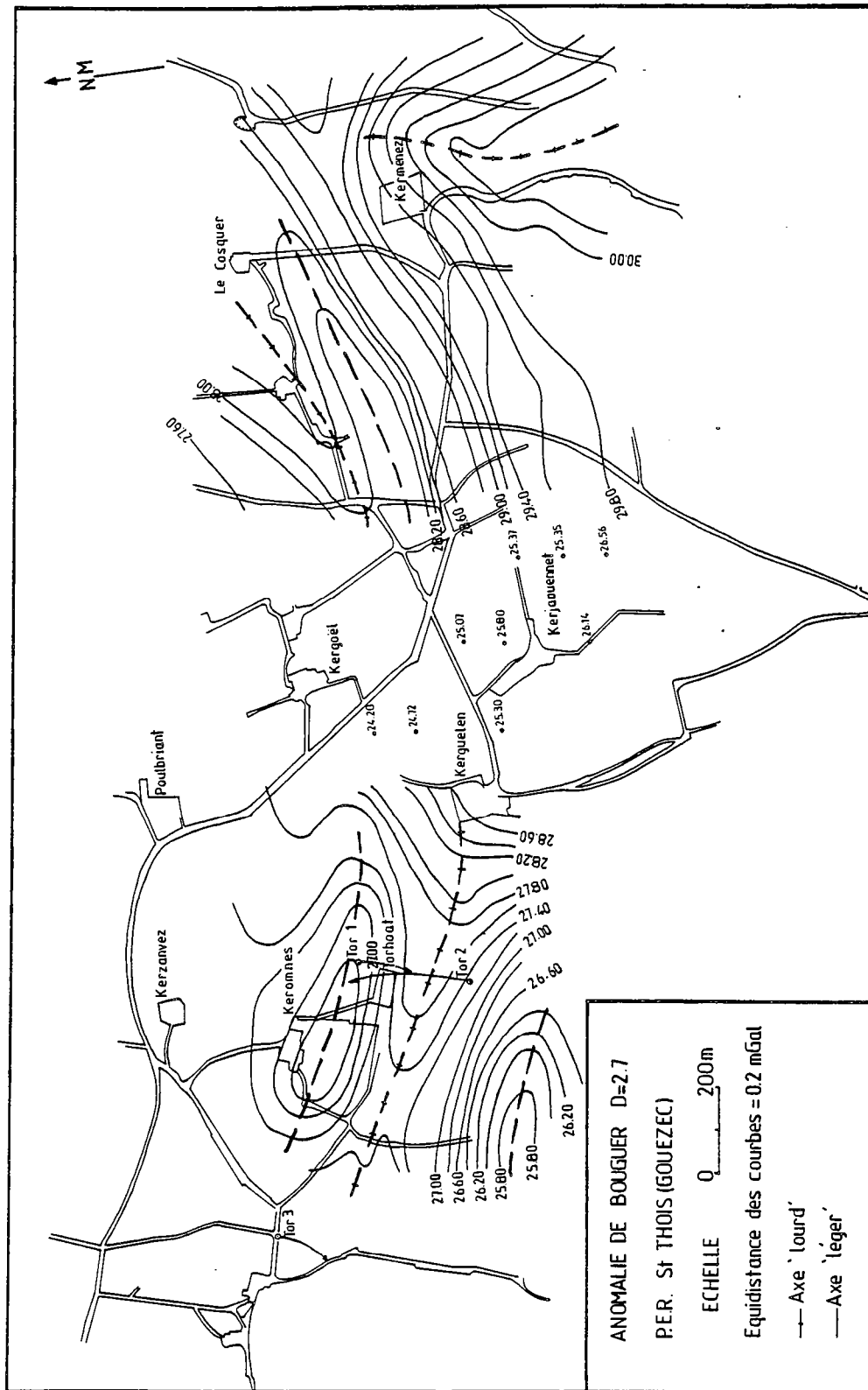


Figure 29 : Carte des courbes isogales de la zone de Gouézec-St Thois (Torhoat), étude stratégique, et représentation des axes des anomalies.

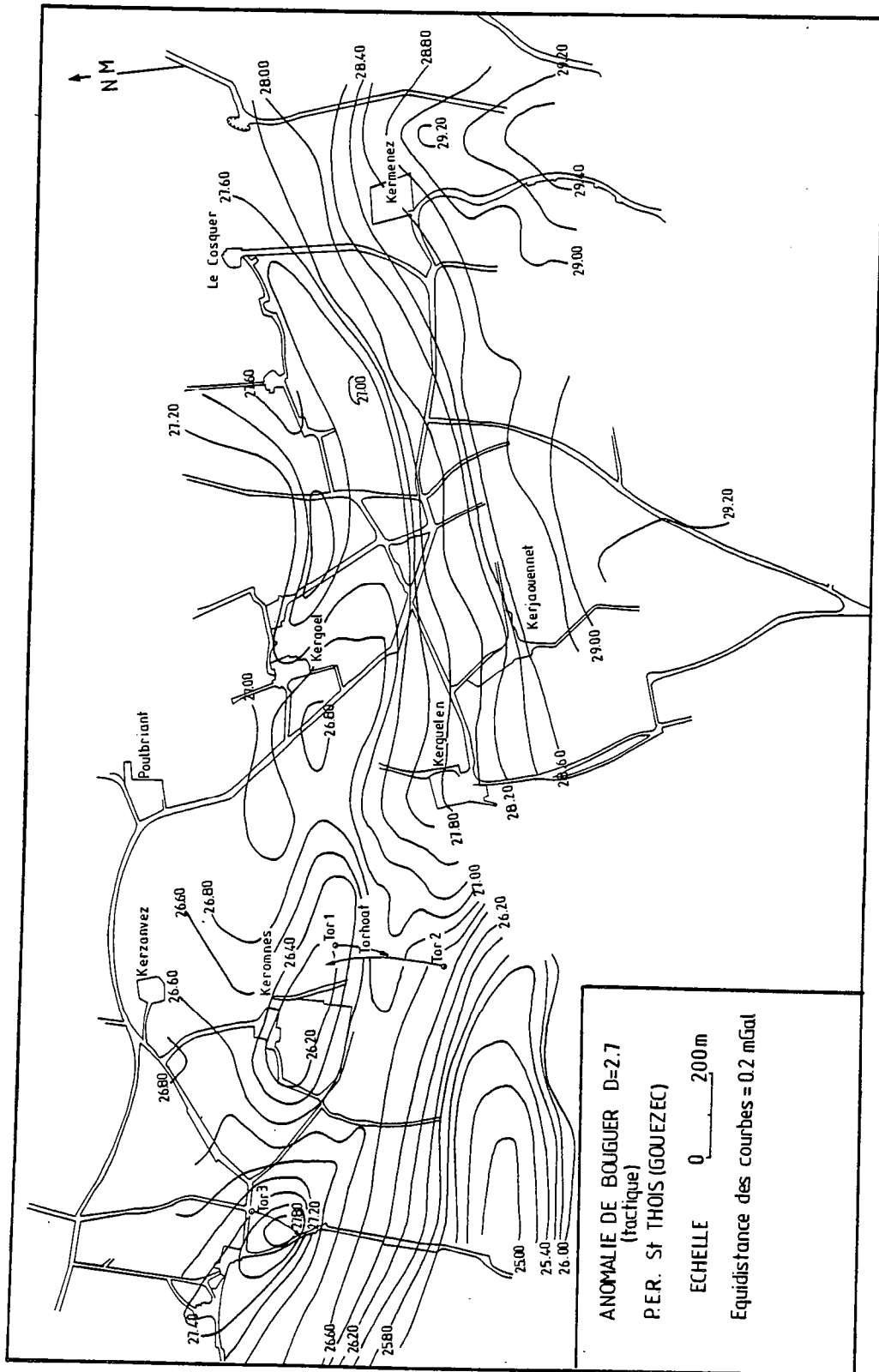


Figure 30 : Carte des courbes isogales en gravimétrie tactique sur le secteur de Gouézec - St Thoïs (zone de Torhoat).

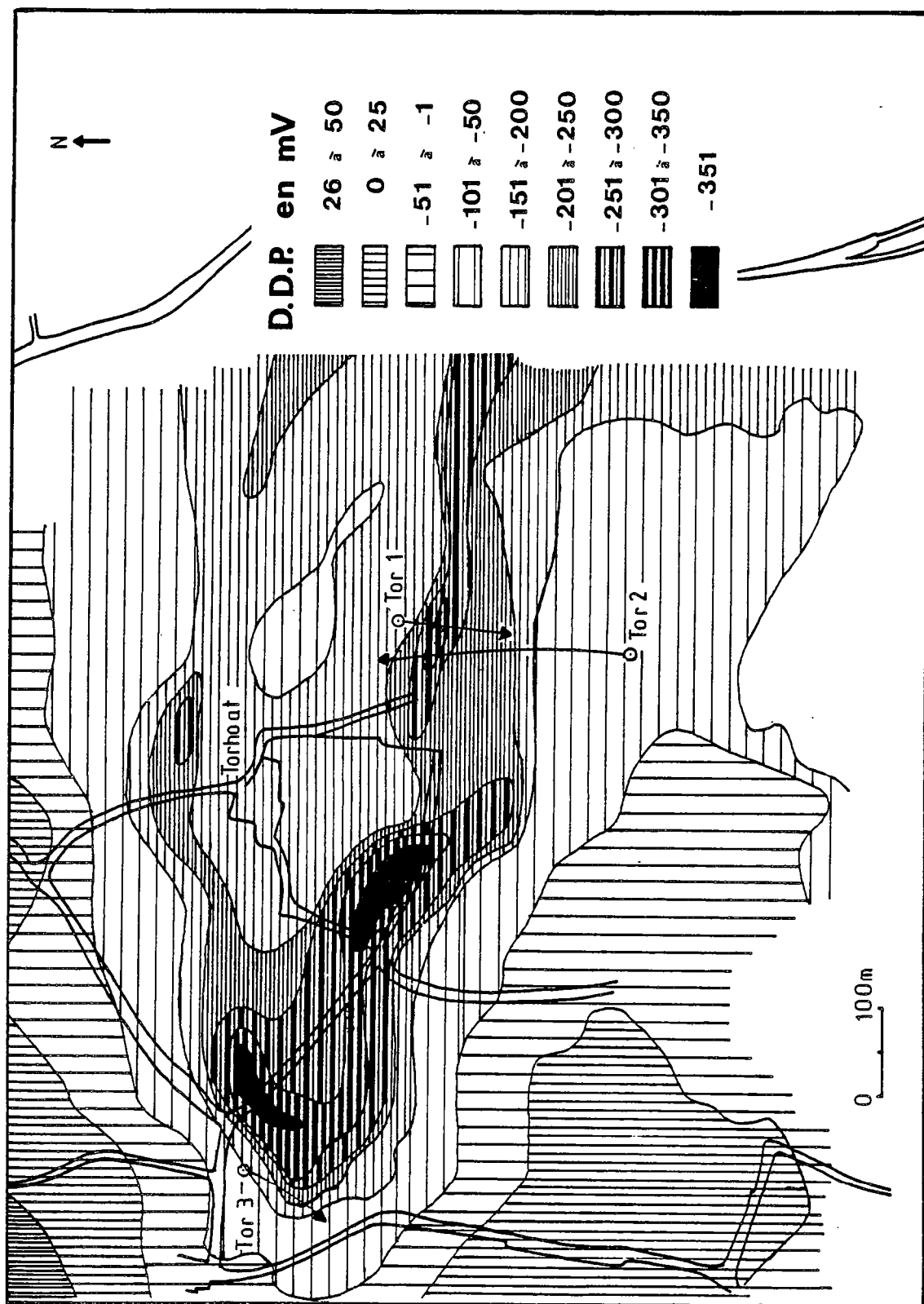


Figure 31 : Carte d'anomalies à partir du levé P. S., zone de Torhoat.

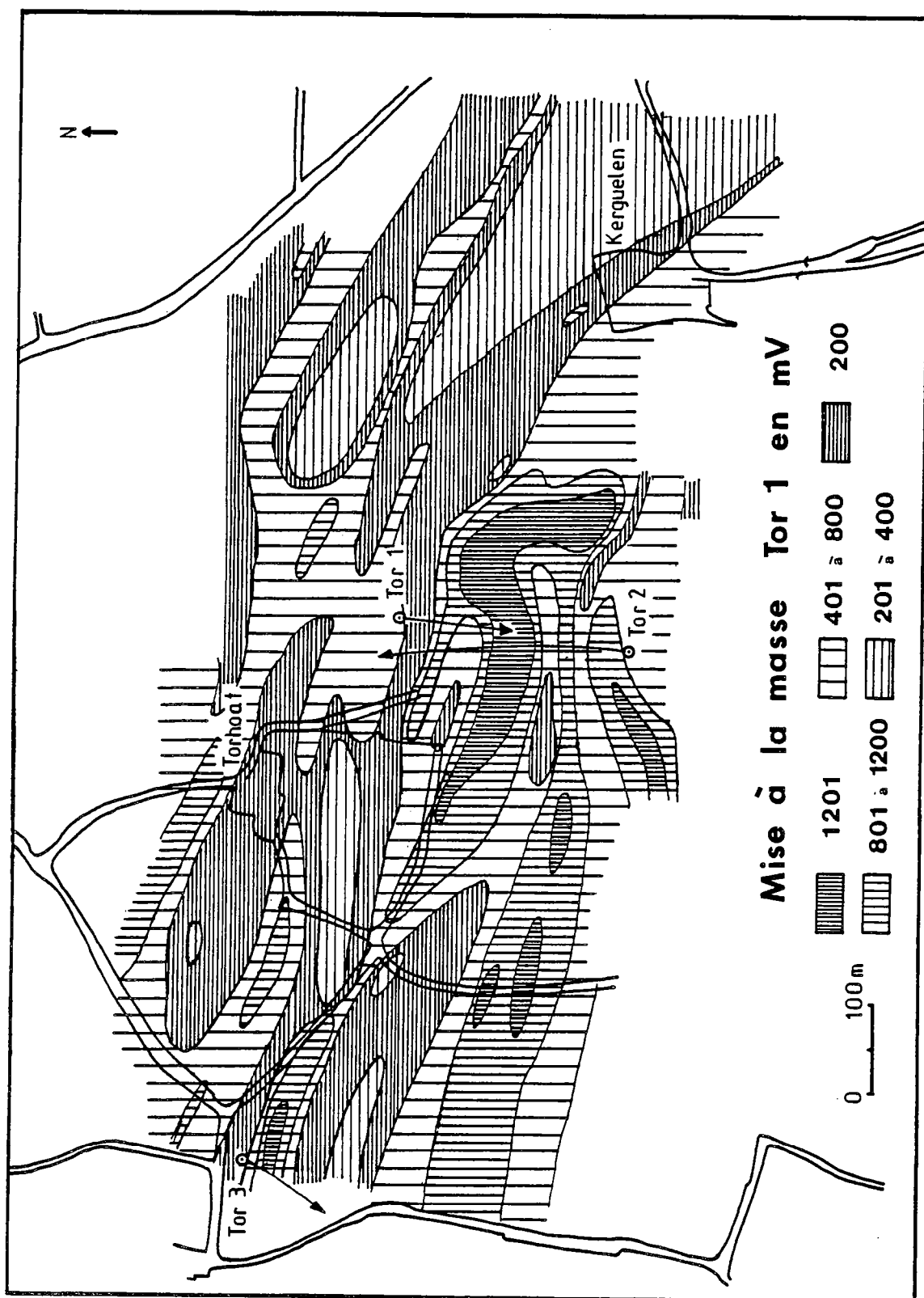


Figure 32 : Carte d'anomalies provoquées par la mise à la masse de Tor 1, zone de torhoat.

solutions ioniques de minéraux, surtout à faible profondeur. Ils sont de l'ordre de quelques millivolts et ils sont mesurables à l'aide d'électrodes impolarisables. Cette différence de potentiel est mesurée à un instant donné, entre 2 points du sol.

De nombreux minéraux conducteurs donnent des effets P. S. : la pyrite, la pyrrhotite, la chalcoppyrite, la bornite, le mispickel, la covelline, la chalcosine, la galène et le graphite. La blende par contre n'est pas conductrice. On observe sur la zone de Torhoat des valeurs de différences de potentiel variant de - 350 mV à plus de 25 mV (fig. 31 ).

Des anomalies négatives apparaissent au Sud de la ferme de Torhoat (au Nord de la butte, cf. fig. 1 introduction). Ces anomalies sont orientées E W et forment une virgation au niveau du sondage Tor 3. Elles se surimposent cartographiquement (cf. document 1, hors texte) à la formation VI qui comprend des passages minéralisés à blende dominante situés dans des niveaux volcano-sédimentaires ainsi que des schistes graphiteux. Ces types minéralogiques sont susceptibles de créer ces différences de potentiel négatives. La forme des anomalies est liée à la cartographie de la formation VI, en celieu. Elle peut être limitée à l'Ouest du sondage Tor par une faille d'orientation N 140.

On remarque de même que les formations du début du sondage Tor 2 donnent des différences de potentiel positives et semblent se limiter vers l'Est : il s'agit des schistes à chloritoïdes massifs, des schistes à chloritoïdes et aux quartzites associés de la formation IV, limités à l'Est par une faille (au niveau "du Ruisseau de Kerguelen" ?). La présence des failles en ces différents lieux pourra être confirmée à l'aide de l'étude structurale.

### III - 2 - LA MISE A LA MASSE DU SONDAJE TOR 1

La mise à la masse est également une méthode de polarisation spontanée qui met en contraste la conductivité entre la roche mise à la masse et l'encaissant.

La mise à la masse de Tor 1 à la cote 93,50 - 94 est justifiée par la reconnaissance à ce niveau d'une minéralisation (cf. document 2, hors texte).

Les anomalies correspondent toutes à une différence de potentiel positive. Elles sont orientées NE - SW. La virgation observée précédemment au niveau de Tor 3 disparaît. A l'Est du sondage Tor 2, l'axe de l'anomalie prend une direction NS. Ce changement de direction peut être lié à la présence d'une faille (fig. 32)

### IV - LA METHODE MAGNETOTELLURIQUE : V.L.F.

La méthode magnétotellurique est basée sur la propriété que possède un champ magnétique naturel (ou émis par un émetteur radio, civil ou militaire) d'induire dans le sol un champ électrique (tellurique).

Cette méthode utilise des ondes électromagnétiques émises par des stations radio souvent éloignées mais de très fortes puissances (300 à 1000 kHz). La fréquence radio est très basse (d'où le nom de Very Low Frequency, V.L.F.) mais en général la fréquence géophysique est très basse et on obtient une longueur d'investigation de 40 mètres environ. Elle permet de mesurer la résistivité apparente.

La résistivité des terrains est liée à la composante  $H_y$  tangentielle et horizontale du champ magnétique et à la composante radiale  $E_x$  du champ électrique par la formule :

$$\rho = 0,2 T (E_x/H_y)^2$$

$\rho$  : résistivité apparente

T : période d'émission.

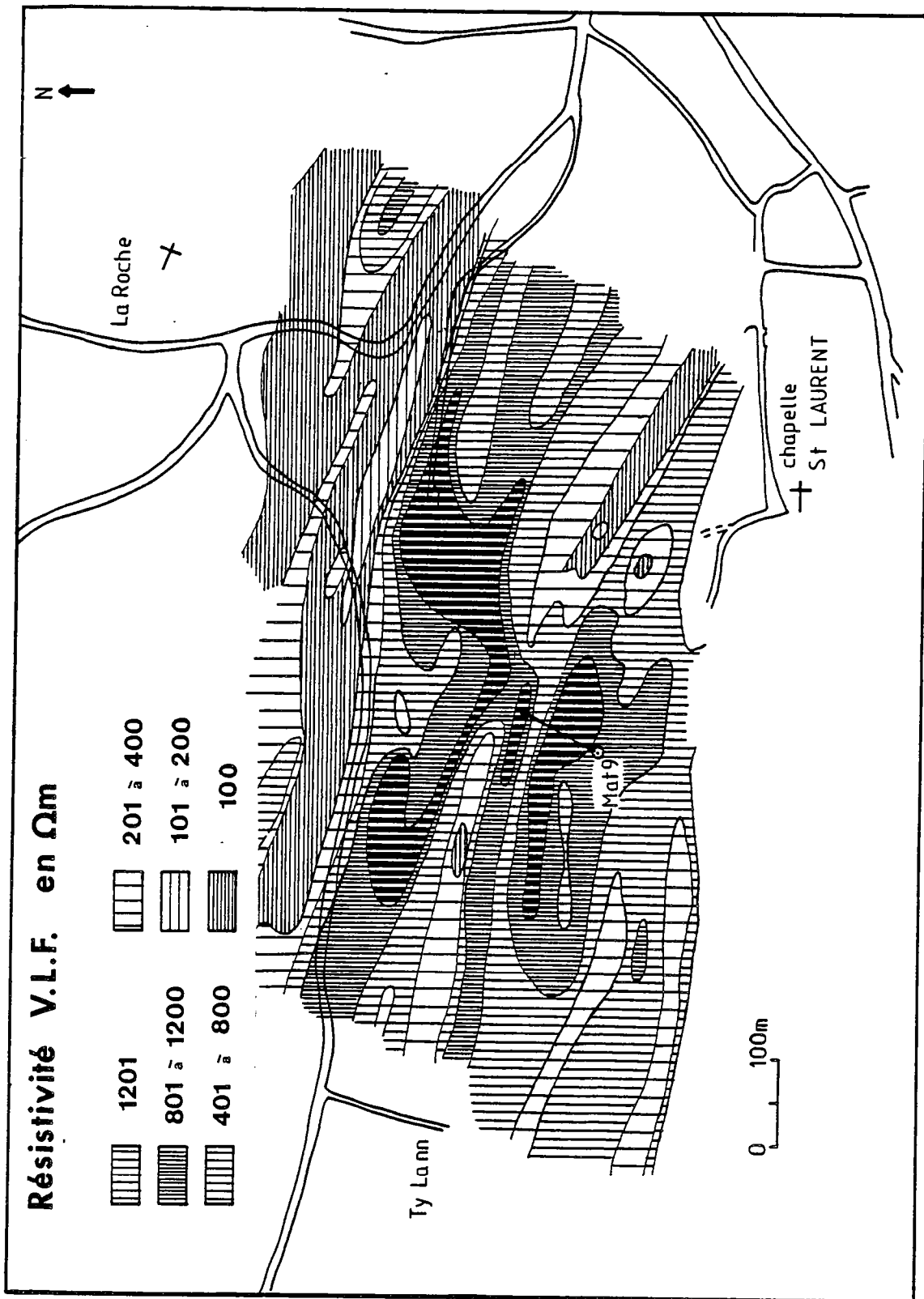


Figure 33 : Carte d'isoresistivité apparente zone de Menez-Albot.



Le choix de la station radio est guidée par la direction d'allongement de la structure recherchée. Sur le secteur de Menez-Albot l'émetteur utilisé est l'émetteur anglais 16 Khz Rugby (G.B.R.).

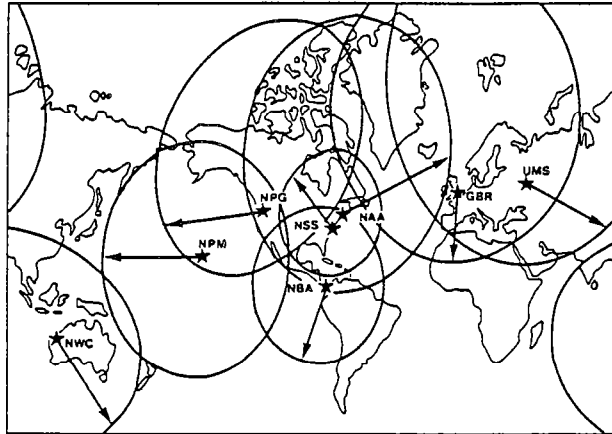


Figure 34 : Principaux émetteurs V.L.F. dans le monde  
(Chaussier et Morel, 1981).

Sur Menez-Albot les structures sont orientées E W il était nécessaire de choisir une station radio perpendiculaire à l'émission de celles-ci ; avec le dispositif de mesure utilisé (EM 16R).

Les paramètres mesurés sont les suivants :

- la résistivité apparente
- le déphasage entre  $E_x$  et  $E_y$ .

Sur le secteur de Menez-Albot et plus particulièrement sur la zone d'implantation du sondage Mat 9 on note des anomalies orientées NW - SE, de fortes intensités (supérieures à 1200  $\Omega m$ ) sub. parallèles entre-elles. Par comparaison, à l'analyse de la carte d'affleurement et des sondages (documents 1 et 6, hors texte) ces anomalies peuvent être attribuées pour celles situées au niveau du sondage Mat 9, à une abondance de ponctuation de pyrrhotite dans des alternances de schistes et de quartzites fins déformés. Celles situées plus au Nord, dans une vaste dépression marécageuse sont significatives de la présence des schistes noirs carbonifères visibles en fin de sondage Mat 9 et apparaissant à l'affleurement plus à l'Est (fig. 33).

## V - CONCLUSION

L'étude des données géophysiques a permis de mettre en évidence des structures qui n'apparaissent pas toujours visibles, à la cartographie de surface ; en particulier :

- elle permet de suivre en continuité certaines formations qui affleurent de manière discontinue.
- elle permet d'observer des variations des directions de structures, insoupçonnables à la surface.

C'est ainsi qu'on a pu montrer que :

- l'ensemble des formations est généralement orienté E W.
- sur le secteur de Gouézec - St Thois la gravimétrie fait apparaître la formation de schistes à chloritoïdes comme un axe "lourd" ce qui permet de la suivre sur la zone étudiée. La formation volcano-sédimentaire VI apparaît comme un axe "léger".
- les méthodes électriques appliquées sur le secteur de Torhoat permettent de préciser les limites cartographiques et mettent en évidence des accidents cassants probables.

- la méthode de résistivité V.L.F. appliquée sur le secteur de Menez Albot met en évidence des formations à fortes valeurs de résistivité situées autour du sondage MAT 9.

Ces informations permettront de résoudre certaines incertitudes liées à la cartographie de terrain en milieu de bocage, dans l'établissement de la carte géologique.

Remarque : Pour des raisons stratégiques la densité et le niveau de l'information fournie par les documents originaux ont été volontairement réduits dans l'établissement des documents publiés ici.



# **QUATRIEME PARTIE**

## **Analyse structurale**

### **Métamorphisme**

## I - INTRODUCTION

L'orogénèse hercynienne structure l'ensemble du Massif Armoricain remobilisant des blocs de socles anciens (Cogné, 1972). Le bassin de Châteaulin appartient au domaine Centre Armoricain (cf. fig. 2) ; il est bordé au Nord par les ensembles du Trégor et de la baie de St Brieuc et est limité au Sud par la zone broyée sud-armoricaine.

### I - 1 - CADRE STRUCTURAL REGIONAL

L'étude structurale associée à des méthodes de datation telles que la micropaléontologie et la radiochronologie permettent de dater les déformations observées.

L'activité magmatique se développe lors des phases paroxysmales qui débutent dès le Gédinnien et se poursuivent de manière continue jusqu'au Viséen : phases bretonne, namurienne et westphalienne (Barrière et al., 1983).

Terminaison occidentale du synclinorium médian, le bassin de Châteaulin se présente comme une vaste unité structurale complexe. La structuration des terrains siluro-dévonien en climat épizonal entraîne la création de premiers plis en régime tangentiel et de seconds en régime cisailant dextre (Darboux et al., 1977). Des corps magmatiques sous diverses formes (cortèges de filons et granites) se mettent en place au cours de ces déformations (Rolet et Thonon, 1978 ; Thonon et Rolet, 1982, Barrière et al., 1983). Un intense réseau de décrochements dextre affectant les structures liées aux premiers plis, dessine de vastes aires losangiques où les sédiments carbonifères vont se déposer (fig. 35) : c'est l'épisode breton.

La période d'ouverture du bassin se caractérise par la mise en place de formations volcano-détritiques apparaissant sporadiquement à l'affleurement sur les bordures du bassin. Le stade de comblement est constituée d'une épaisse formation de schistes et wackes. Au cours de la structuration du bassin, les bords de celui-ci sont probablement redressés ; les formations carbonifères sont plissées avec une amplitude hectométrique, en climat métamorphique anchizonal. Cette phase de structuration est accompagnée de la mise en place de plutons granitiques (Rolet, 1984b).

Les décrochements dextres qui ont contrôlé la sédimentation dès la naissance du

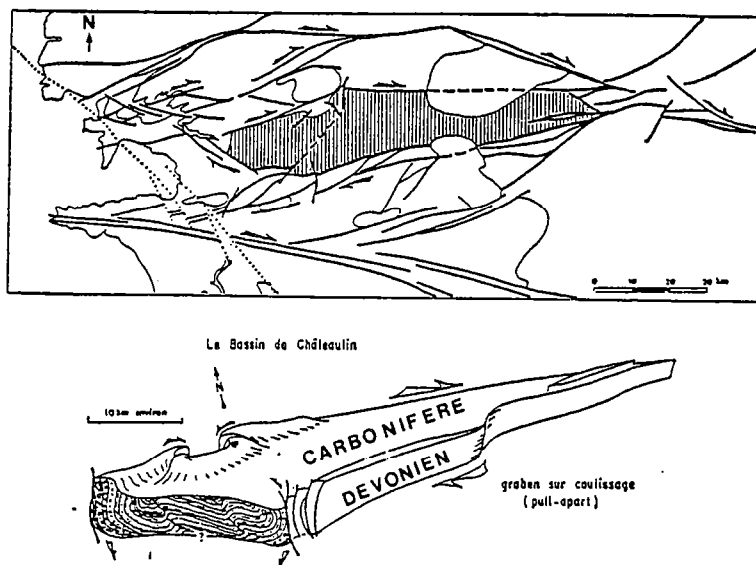


Figure 35 . - Structuration du bassin en aires losangiques (Rolet, 1984 b )

bassin vont le structurer définitivement lors de la fermeture au cours de la phase "namuro-west-phalienne". Cet épisode affecte peu les formations dévoniennes déjà structurées lors de l'épisode breton.

Par contre les formations carbonifères encore plastiques se moulent sur les failles bordières avec une tendance au chevauchement vers l'intérieur du bassin (Rolet, 1984b). L'étude de ces déformations a été conduite par différents auteurs dans plusieurs secteurs du Bassin de Châteaulin (fig 36 et tableau 17).

En général les auteurs observent un événement tectonique lié à la "phase bretonne" matérialisé par des plis  $P_1$  d'axe orienté NO à N 30. Le déversement des plis varie selon le secteur mais une schistosité  $S_1$  est toujours présente. La phase namuro-westphalienne ("phase de l'Erzgebirge") se manifeste par une phase de plis  $P_2$  d'axe d'orientation N 50 à N 70 associant une schistosité  $S_2$  de crénulation ; elle s'achève par des accidents cassants dans de nombreuses zones.

## I - 2 - CADRE STRUCTURAL LOCAL

Le secteur de Gouézec - St Thois est situé au niveau de l'accident de Briec ("Béc" de Briec). Observé dans la partie Nord de la zone étudiée cet accident se caractérise dans son ensemble par une mégastucture d'axe N 70 de type pli-faille, associée à une zone de cisaillement, affectant les formations briovériennes à dinantiennes (cf. fig. 4). Deux études ont été réalisées récemment dans le quadrilatère Briec, Menez-Albot, St Thois, Laz :

- celle de Guyot (1978)
- celle de Lagleize (1981)

Ces deux auteurs mettent en évidence les déformations suivantes :

| SECTEUR                         | a<br>Partie orientale du<br>bassin de Châteaulin                                   | b<br>Porte-aux-Hoines   | c<br>Bodemec   | d<br>Sud Rade de Brest  | e<br>Secteur du Faou  |
|---------------------------------|--|---|--|---|---|
| AUTEURS                         | Sagon<br>(1976)  | Ave et al.<br>(1978)  | Ave<br>(1981)  | Darboux et al.<br>(1977)  | Hzradec<br>(1976)   |
| "phase bretonne"<br>Anti-Viséen |  | $P_1$ NO déjetés à couchés<br>à l'Est ;<br>$S_1$ : pli-faillle // à $S_1$ | $P_1$ NO à N 20<br>déversés à couchés<br>à l'Est, $S_1$  | $P_1$ NO couchés<br>$S_1$ de flux,<br>métamorphisme<br>épizonal | $P_1$ N 10 à N 30<br>couchés à déversés<br>à l'Ouest, $S_1$ de flux     |
| "phase de l'Ergébirge"          | $P_1$ N 90 droits<br>$S_1$ de flux<br>métamorphisme épizonal<br>fracturation E-W   | $P_2$ N 50 à N 70 dé-<br>versés au Nord<br>métamorphisme épizonal         | $P_2$ droits d'axe EW<br>chevrons d'amplitude<br>décamétrique<br>schistosité de fracture $S_2$ | $P_2$ N 60 à N 120<br>droits, $S_2$<br>pas de métamorphisme     | $P_2$ N 60 déversés au Sud<br>$S_2$ de crénulation                      |
| Namurien à<br>Westphalien       | $P_2$ N 45 en chevrons<br>$S_2$ de strain-slip<br>fracturation                     | $P_3$ déformations en<br>chevrons axe EW                                  | Accidents cassants<br>à faible rejou   |   | $P_3$ N 110<br>déversés au Nord<br>$S_3$ crénulation                    |
|                                 | $P_3$ NS<br>$S_3$ de fracture<br>basculement des plis $P_1$<br>$P_4$ voûssurations | Accidents cassants  |  |   | Phase tardive de<br>failles inverses et<br>chevauchement vers<br>le Sud |

tableau 17 : Tableau comparatif des déformations variées en divers secteurs du bassin de Châteaulin (position des secteurs fig. 36 ).

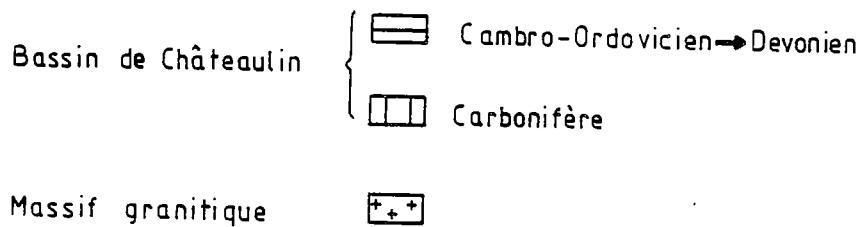
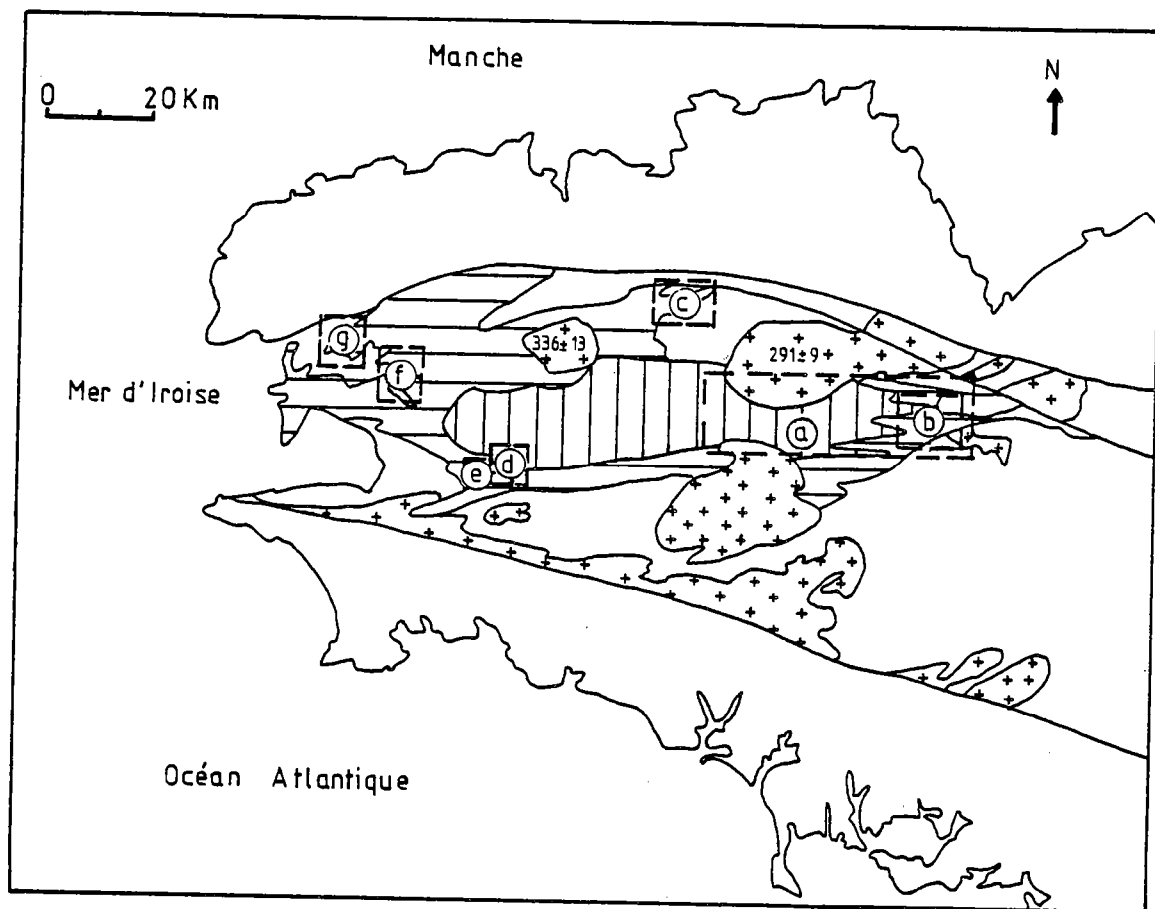


Figure 36. - Position des divers secteurs ayant fait l'objet d'une étude structurale.  
Les secteurs (d) et (e) correspondent à l'étude du triangle Gouézec-St Thoïs - Menez-Albot.



- une première phase de déformation, qui peut être rapportée à la "phase bretonne", se caractérise par des plis  $P_1$  déversés à couchés vers l'Ouest de direction N 160
- une seconde déformation paroxymale, synschisteuse engendrant des plis  $P_2$  déversés vers le Nord de direction N 70. Des failles inverses de même orientation sont associées aux plis entraînant le chevauchement des formations septentrionales sur les formations méridionales. Les événements tectoniques peuvent être rapportés à la "phase de l'Erzegebirge" (Lagleize, 1981).
- une troisième phase, mineure, apparaît créant des plis en chevrons décimétriques de direction N 140-N 160 et des accidents cassants à jeu limité.

La structuration actuelle résulte de la superposition des déformations 1 et 2 (Lagleize, 1981).

### I - 3 - PREMIERES OBSERVATIONS STRUCTURALES

#### I - 3 - 1 - LA CARTE GEOLOGIQUE

La carte d'affleurement (document 1, hors texte), les coupes des sondages (documents 2 à 7, hors texte), les photographies aériennes, les cartes I.G.N. à l'échelle 1/25.000 (pour la topographie) ont permis d'établir la carte géologique (document 8, hors texte).

Les limites des formations ont été tracées essentiellement à l'aide des données de la carte d'affleurements et des sondages. Les brusques ruptures de pente décelées à l'aide de la topographie (cf. fig. 1) ainsi que l'étude des photographies aériennes ont permis de cartographier les principaux accidents tectoniques. Certaines de ces failles sont en outre mises en évidence par les méthodes géophysiques (cf. troisième partie).

On peut noter que :

- les formations I à VI se présentent sous la forme d'un large anticlinal qui occupe l'Ouest du secteur de Gouézec - St Thoïs. De même le secteur de Menez-Albot est occupé par une structure synclinale.
- la formation du "Grès de Landévennec" se biseaute à l'Est de Torhoat. Elle n'apparaît pas dans le flanc sud de l'anticlinal. Par contre au niveau de Gouézec cette formation semble épaissie.

Au Sud de l'anticlinal la formation IV dans son ensemble présente nettement un contact tectonique, avec la Formation "des Schistes et Quartzites de Plougastel" (formation II).

- La formation V (volcanites basiques) apparaît également discordante sur la formation IV et est limité au Nord, à l'Ouest et au Sud par des accidents.
- un affleurement de la formation VI apparaît au Nord du sondage MAT 9 au sein de la formation IV.

Un accident majeur de direction N 70 recoupe l'ensemble des formations.

#### I - 3 - 2 - LES DONNEES STRUCTURALES

La stratification est nettement visible dans les formations de schistes et de quartzites associés (formation II, IV, et VI).

On observe deux schistosités :

- une schistosité  $S_1$  orientée N 70 à N 120 à pendage sub-vertical. Une linéation d'étirement est parfois présente dans le plan  $S_1$  (10 à 65° vers l'Est - Sud-Est).

- Localement une schistosité  $S_2$  apparaît associée à des plis très serrés. La direction de cette schistosité est généralement perpendiculaire à  $S_1$ .

On observe localement des accidents cisailants (butte de Torhoat).

## II - LES STRUCTURES A L'ECHELLE DE L'AFFLEUREMENT ET DE LA LAME

### II - 1 - LA STRATIFICATION $S_0$

Les variations de direction de  $S_0$  apparaissent nettement sur les documents cartographiques (fig. 37 ) :

Deux zones apparaissent distinctement :

- le secteur de Gouézec (A) et la partie Est de celui de St Thois .
- le secteur de Menez Albot (C) .

Remarque : pour les subdivisions des secteurs se référer à la figure 1.

Dans la première zone les variations de la stratification dessine un large anticlinal. Le pendage de celle-ci s'oriente vers le Nord, au Nord et vers le SE au Sud.

Dans le secteur de Menez Albot la stratification possède un pendage plus faible essentiellement orienté vers le Sud. Il semble également que la formation VI (Carbonifère possède une stratification à pendage vers le Sud).

Dans les deux zones on peut noter qu'aux abords des accidents tectoniques, les formations se réorientent localement.

Dans un réseau de Wulff (projection sur la demi-sphère inférieure) les pôles de la stratification dans le secteur de Gouézec - St Thois (A et B) se dispersent sur un grand cercle (fig. 38 ) à partir duquel on obtient un pôle qui correspond à l'axe du pli plongeant de  $65^\circ$  au N 100.

Dans le secteur de Menez-Albot on a peu de mesures de stratification car celle-ci est difficilement observable sur le terrain.

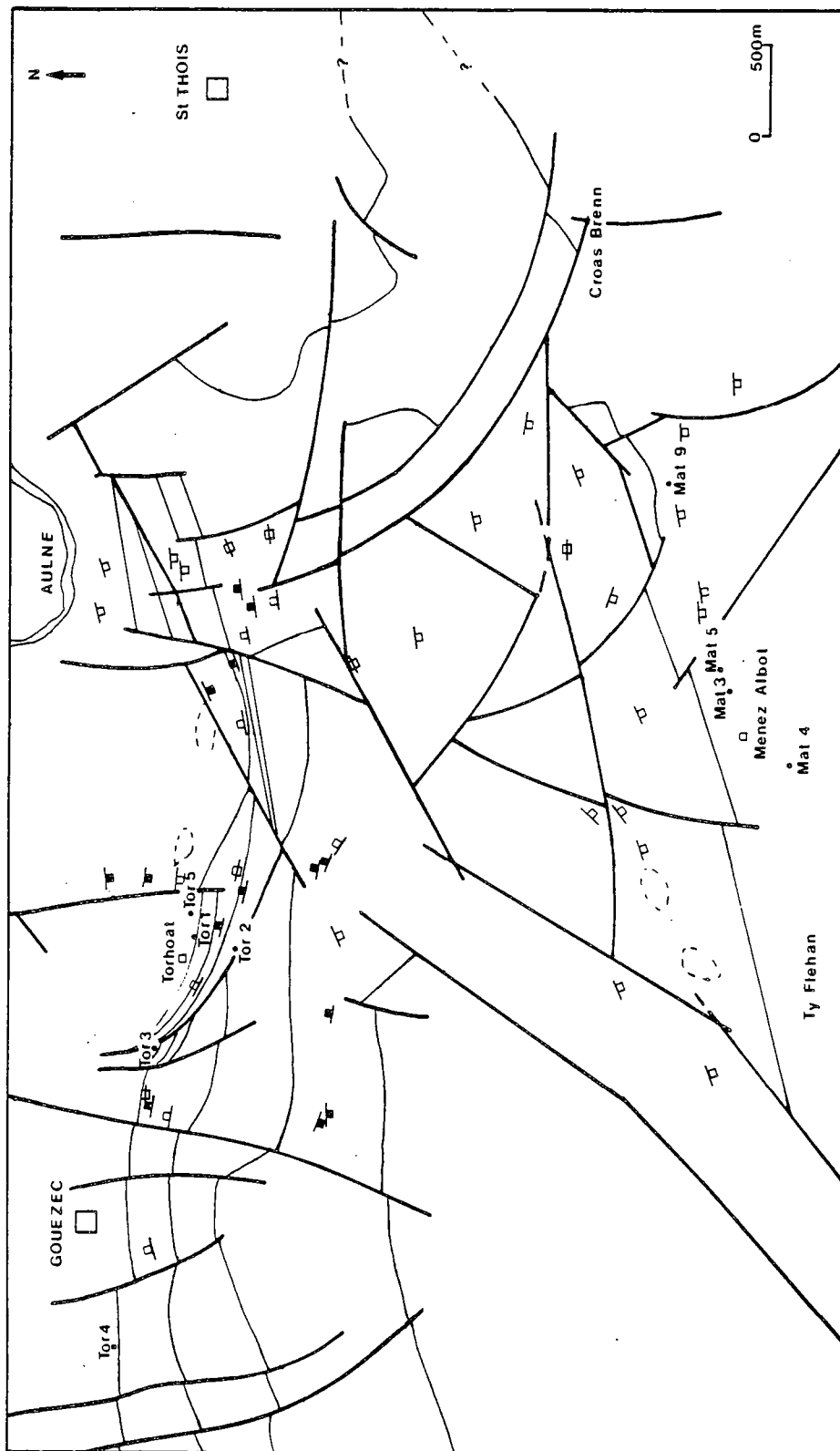
### II - 2 - LA SCHISTOSITE $S_1$

#### II - 2 - 1 - LA SCHISTOSITE $S_1$ A L'ECHELLE DE L'AFFLEUREMENT

Généralement subparallèle à la stratification  $S_0$ , la schistosité  $S_1$  possède dans la zone de Gouézec - St Thois (A et B) une direction N 60 à N 130 et un pendage Sud ou Nord (de  $65^\circ$  à  $90^\circ$ ). Dans le secteur de Menez-Albot, la schistosité s'oriente comme la stratification de N 60 à N 100 avec un pendage plus faible que dans les secteurs précédents (A et B) entre  $40^\circ$  et  $70^\circ$  mais uniquement vers le Sud (cf. document 1, hors texte).

Si on reporte les pôles de la schistosité  $S_1$  dans un réseau de Wulff (hémisphère inférieur), on obtient les résultats suivants (fig. 38 ).

- Dans les secteurs de Gouézec - St Thois les pôles de la schistosité se dispersent autour d'un grand cercle. La disposition des pôles de la schistosité  $S_1$  est sensiblement identique à celle des pôles de la stratification  $S_0$ . De nombreux points se superposent caractérisant le sub-parallélisme observé sur le terrain entre la stratification  $S_0$  et la schistosité  $S_1$ .



pendage 80°  
entre 70 et 80°  
70°

Figure 37. - Carte de la direction de la stratification S0.

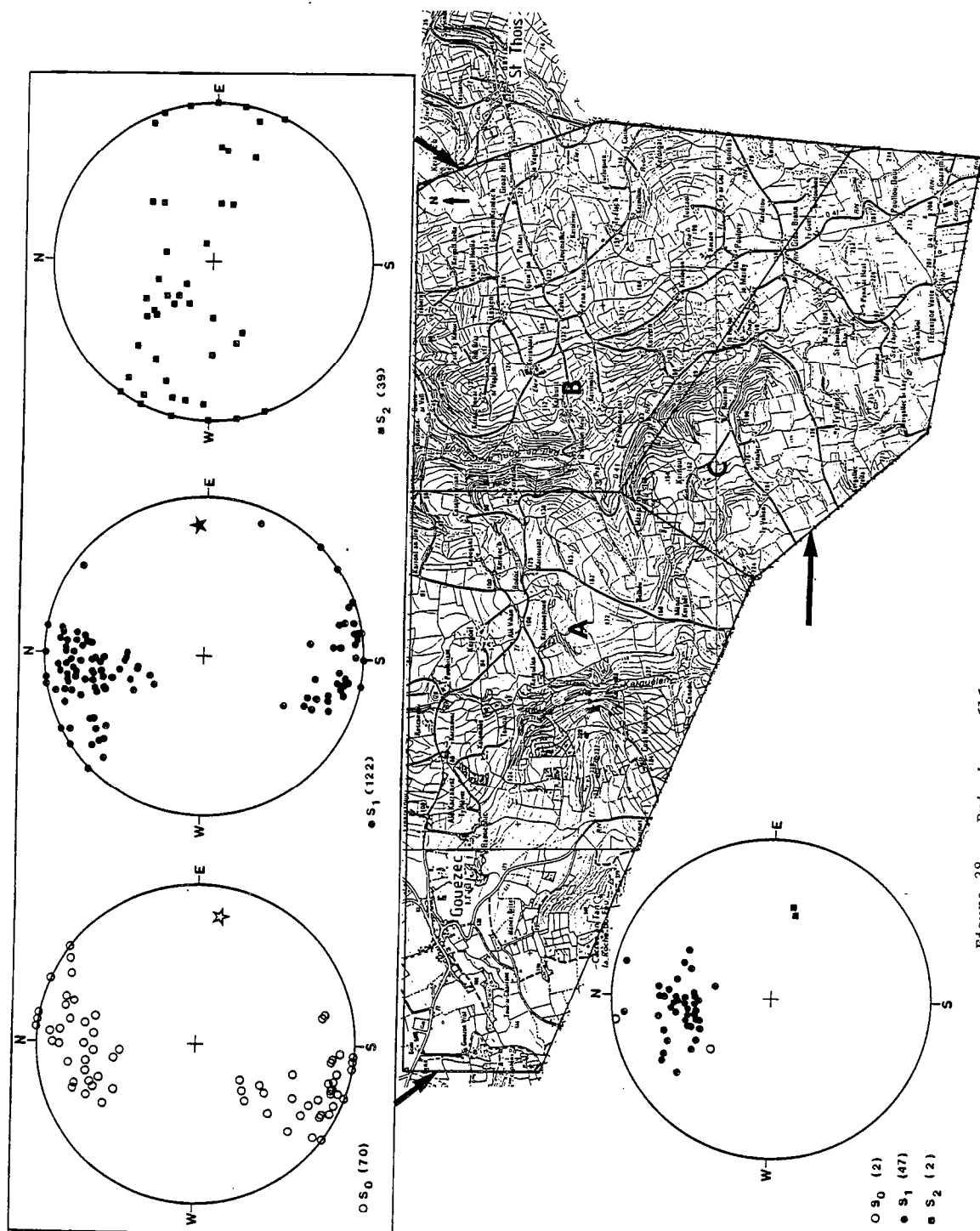


Figure 38. - Principaux éléments structuraux des zones de Gouézec - St Thois et de Menez Albot.

On obtient pour l'axe de pli un plongement 80 au N 86. La schistosité  $S_1$  est donc pratiquement de plan axial et elle est donc associée à la mégastucture que l'on observe sur le secteur de Gouézec.

- Sur Menez Albot les pôles de la schistosité  $S_1$  se regroupent autour d'un pôle moyen : 50 au NO donnant un plan moyen de schistosité :  $90 \frac{T}{40}$ .

Sur les secteurs de Gouézec et de St Thois apparaissent les deux flancs de l'anticlinal et sur le secteur de Menez-Albot un seul flanc est observé.

## II - 2 - 2 - LA SCHISTOSITE $S_1$ A L'ECHELLE DE LA LAME

La schistosité  $S_1$  se matérialise dans les matériaux les plus grossiers par la réorientation des minéraux phylliteux néoformés et dans les milieux les plus fins par la disposition de tous les constituants dans le plan de schistosité.

L'impossibilité de distinguer des microlithons ou des discontinuités en fait une schistosité de flux pénétrative de type 4 (Le Corre, 1978).

La fabrique de la schistosité  $S_1$  est marquée :

- par le développement, autour d'éléments plus résistants dispersés dans un matériel fin, de zones abritées, ou "pressure shadow" : autour de quartz (photo 11, pl. III) ou de pyrite (photo 20, pl. V).

- par l'orientation et l'étirement de certains minéraux.

Le chloritoïde marque très nettement la schistosité  $S_1$  (photo 21, pl. V).

## II - 3 - LA LINEATION $L_1$ ET LES PLIS $P_1$

On observe dans quelques endroits une linéation d'étirement située dans le plan de la schistosité  $S_1$ . Elle s'oriente vers l'Est avec un pendage variant entre 50 et 65°.

Des axes de plis ainsi que des plans axiaux ont pu être mesurés. La moyenne des axes de pli donnent un plongement de 75° au N 80 ; pour les plans axiaux on obtient une moyenne de  $70 \frac{T}{80}$ .

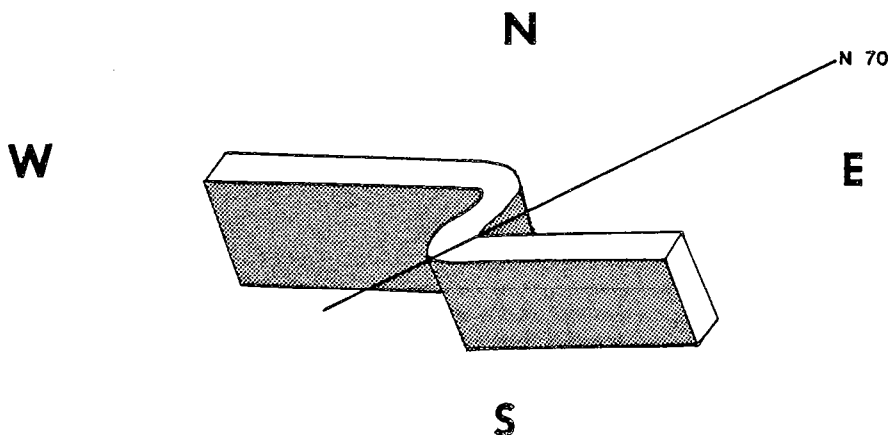


Figure 39. - Pli centimétrique observé sur la butte de Torhoat.

Lorsqu'il est permis d'observer ces plis (fig. 39) on remarque que le flanc inverse de l'anticlinal est long, que son flanc normal est court : c'est une structure en Z indiquant que l'on se situe au niveau de la butte de Torhoat sur le flanc inverse de la mégastructure.

## II - 4 - LA SCHISTOSITE $S_2$

### II - 4 - 1 - LA SCHISTOSITE $S_2$ A L'ECHELLE DE L'AFFLEUREMENT

Cette schistosité  $S_2$  apparaît principalement sur les secteurs de Gouézec - St Thois (A et B) (fig. 1) et est souvent associée à une crénulation. Sur le secteur de Menez-Albot cette schistosité est moins bien exprimée. La fabrique de cette schistosité se marque par des plans de fracture ou par de la crénulation (des plis très serrés ont été observés).

Dans les secteurs A et B elle s'oriente dans une direction variant de N 0-20 à N 160-180, le pendage varie de 18° à 90°.

Reportés dans un diagramme de Wulff (hémisphère inférieur) les pôles de la schistosité  $S_2$  se dispersent sur un grand cercle d'orientation EW donnant un pôle de direction N-S. Les pendages sont trop dispersés pour obtenir une valeur moyenne de celui-ci (fig. 38). Cette variation extrême dans les pendages de la schistosité  $S_2$  est difficilement explicable : en effet elle passe de subhorizontale à subverticale. On peut noter néanmoins que son pendage est le plus faible au niveau de la charnière du pli  $P_1$ .

### II - 4 - 2 - LA SCHISTOSITE $S_2$ A L'ECHELLE DE LA LAME

La schistosité  $S_2$  apparaît généralement perpendiculaire à la stratification  $S_0$  et à la schistosité  $S_1$ . Elle se caractérise par de fines discontinuités peu régulières pouvant passer à de plus larges discontinuités mieux réglées en direction. Des résidus sombres des dissolutions apparaissent dans les "plans" de la schistosité  $S_2$  (photo 11, pl. III). Des microlithons apparaissent dans les niveaux les plus fins lorsque la schistosité  $S_2$  atteint le stade de la crénulation (photo 22, pl. VI).

On remarque que les niveaux gréseux (plus grossiers) ne sont pas pénétrés par cette schistosité  $S_2$ .

Des plis  $P_2$  ont été observés liés à la schistosité  $S_2$ , quelques axes de plis ont été mesurés donnant des directions NS et des pendages 65° à 70°.

## II - 5 - LES PHASES DE FRACTURATION

La déformation cassante est complexe au niveau du secteur de Gouézec - St Thois.

Deux grandes familles apparaissent :

- des accidents de directions N 70 et N 110.
- des accidents de direction NS ou EW.

Les accidents N 70 et N 110, de continuité plurihectométrique, mettent en contact des formations de lithologie et d'âge différents. La variation de pendage que l'on observe entre

les formations de Menez-Albot et celles situées au Sud de Gouézec tend à montrer que ces accidents sont peu pentés et que leur pendage est orienté vers le Sud. Des cisaillements sont observés localement (butte de Torhoat).

Les accidents de direction NS et EW n'entraînent qu'un faible déplacement des blocs lithologiques dans l'ensemble des secteurs. Ces derniers accidents semblent mineurs par rapport aux premiers et ils viennent buter sur la fracture majeure d'orientation N 70 qui représente la branche Nord de l'accident de Briec.

Les accidents N 70 s'associent aux plis  $P_1$  en direction.

Les accidents NS s'associent aux plis  $P_2$ .

### III - LES STRUCTURES OBSERVEES EN SONDAGE

Les sondages permettent d'observer les formations en continuité. Outre les structures sédimentaires que l'on peut analyser, de nombreuses structures tectoniques peuvent être observées.

Il est indispensable d'orienter les sondages au cours du forage afin de replacer chaque élément structural observé dans son orientation et son pendage réel et les mesures ont été corrigées par la méthode appliquée par F. Aye et B. Guerangé (1976) aux sondages du gisement de la Porte aux Moines (Côtes-du-Nord).

Les sondages Tor 1, Tor 2, Tor 3, Tor 4 et Mat 9 n'ont pas été orientés au cours du sondage, seul Tor 5 l'a été. A Marot a étudié les éléments structuraux du sondage Tor 5 et il m'a permis d'utiliser ses données.

#### III - 1 - LES OBSERVATIONS STRUCTURALES DANS LES SONDAGES NON ORIENTES

Malgré l'absence d'orientation on peut néanmoins observer la stratification  $S_0$ , les schistosités  $S_1$  et  $S_2$ , la crénulation  $C_2$ , des microplis, des zones tectonisées. Le seul repère qui existe dans ces sondages est représenté par l'axe de ceux-ci.

Dans les données fournies par le B.R.G.M. sont notées le pendage et la déviation de l'axe du sondage par rapport aux coordonnées du point d'implantation, à une cote donnée. Les variations d'angle entre l'axe du sondage et la stratification  $S_0$  ou les schistosités  $S_1$  et  $S_2$  sont mesurables.

La trace de la stratification a été représentée sur les coupes des sondages (document 2 à 7, hors texte). Les sondages Tor 1, Tor 2, Tor 3, Tor 4 et Mat 9 sont orientés NS ou SN (cf. première partie, IV). La stratification  $S_0$  à l'affleurement apparaît sur la zone d'implantation des sondages orientée EW et à pendage subvertical. Les sondages sont implantés dans une direction perpendiculaire à celle de la stratification  $S_0$  et recoupent le maximum de formations donnant l'épaisseur réelle de celles-ci.

La schistosité  $S_1$  apparaît subparallèle à la stratification  $S_0$ . Par contre on note souvent que la schistosité  $S_2$  est subparallèle à l'axe du sondage donc perpendiculaire à  $S_0$   $S_1$ . Une crénulation  $C_2$  est associée fréquemment à la schistosité  $S_2$ .

Des microplis et des charnières de plis peuvent être observés (Tor 1 206,10) prin-

ciement liés à  $S_2$ .

Des zones tectonisées cicatrisées par du quartz s'apparentent à des failles et apparaissent dans Tor 3, Tor 2 et Tor 1 dans des directions N 90 et N 110, parallèles aux failles délimitées par photographies aériennes (document 8, hors texte).

### III - 2 - LES OBSERVATIONS STRUCTURALES DANS LE SONDAGE ORIENTE TOR 5

Le sondage Tor 5 est situé près du "Rau de Kerguelen", le plus à l'Est sur le secteur de Gouézec (au niveau de la butte de Torhoat). Il est orienté N 30 - N 210. Il ne traverse que la formation VI (document 5, hors texte). Dans le sondage Tor 5 on peut noter que la stratification  $S_0$  devient subparallèle à l'axe du sondage entre les cotes 164,50 et 205,75 m.

Toutes les mesures ont été relevées et corrigées par Marot et elles sont reportées dans les diagrammes de Wulff (hémisphère inférieur).

On peut noter que la dispersion des pôles de la schistosité  $S_1$  se présente le long d'un grand cercle (fig. 40). Les points semblent plus dispersés que ceux du diagramme regroupant ceux de la schistosité  $S_1$  observée à l'affleurement (fig. 38) mais ils indiquent dans leur globalité la même direction et le même pendage.

Les mesures de linéation d'étirement  $L_1$ , associée à la schistosité  $S_1$  sont reportées dans le diagramme (fig. 40) et elles se dispersent dans le quart NE du cavenas de Wulff.

Trois axes de pli (dénommés  $b_1$ ) ont été également reportés (fig. 40). Ces axes sont de même direction que la mégastucture observée sur le secteur de Gouézec - St Thoïs (fig. 37).

La schistosité  $S_2$  s'oriente dans une direction N 130 - 150 différente de celle observée à la surface. Les variations du pendage sont plus faibles : de 50 à 70° vers le Sud. Reportés dans un diagramme de Wulff les pôles de la schistosité  $S_2$  se dispersent autour d'un pôle moyen situé au 190 à pendage 70 S.

Les axes de plis  $P_2$ , dénommés  $b_2$  se dispersent vers l'Est.

## IV - LES OBJETS MARQUEURS DE LA DEFORMATION

Certains éléments plus résistants situés dans un milieu fin enregistrent la déformation ; en particulier le quartz, les opaques (les sulfures). Celle-ci se marque par :  
- l'apparition de zones abritées autour de ces minéraux.

La forme originelle de certains minéraux apparaît modifiée par la déformation. Certains de ceux-ci présentent des étirements dans la direction de la schistosité  $S_1$ .

### IV - 1 - LES ZONES ABRITEES

Elles se présentent autour des grains les plus grossiers : de quartz ou d'opaques. Peu d'observations ont été réalisées dans le plan exact "Y Z" on peut noter néanmoins :

Des ombres de pression apparaissent au cours des deux schistogénèses  $S_1$  et  $S_2$  (photo 23, pl. VI). Elles sont fréquemment dissymétriques.

D'autres apparaissent déformées par la deuxième phase  $D_2$ . Les queues de recristallisation sont replissées et sont prises dans la crénulation  $C_2$  (photo 24, pl. VI). Ces zones



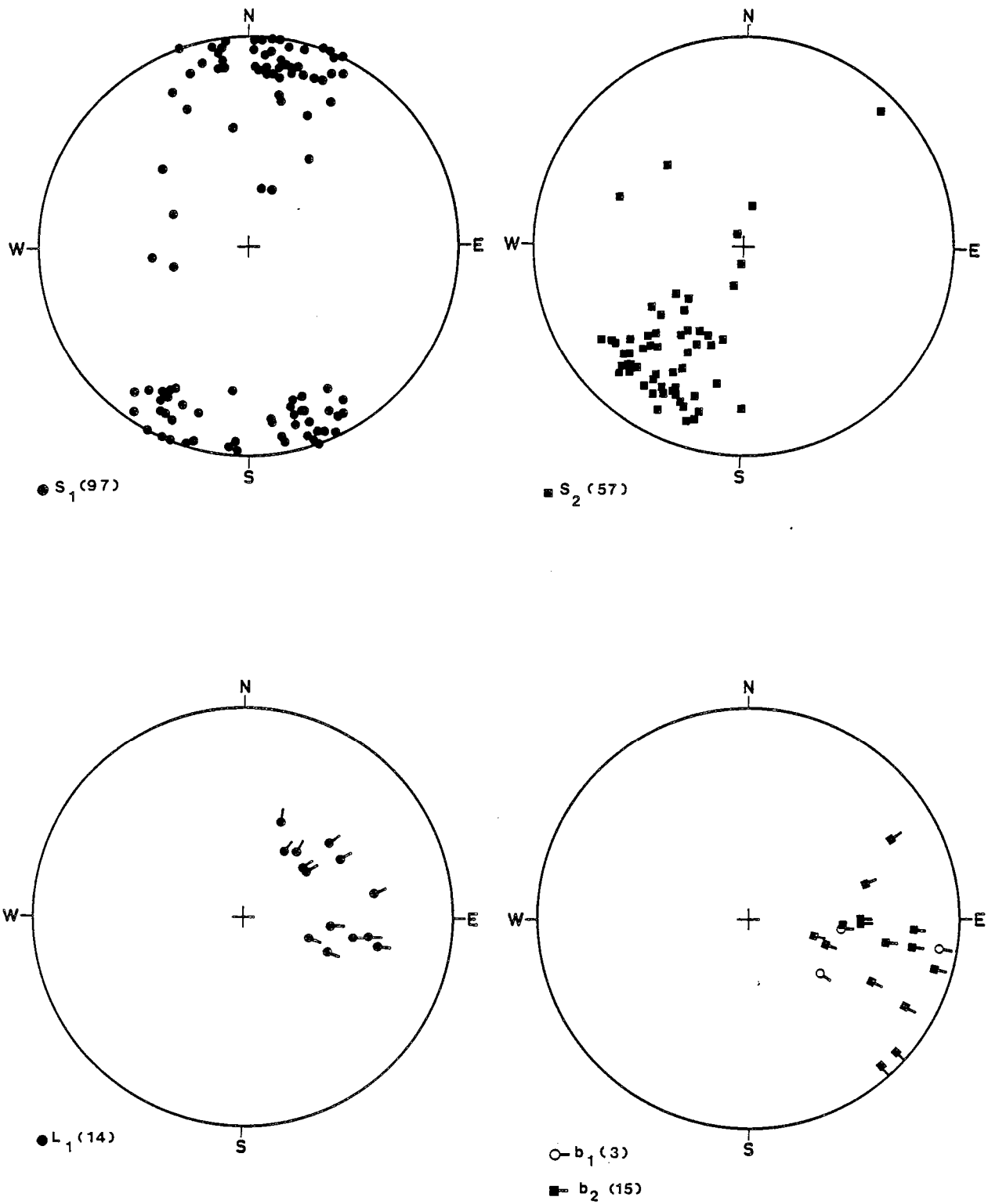


Figure 40 . - Report des différents éléments structuraux.



Figure 41. - Echantillon 92 plan S oblique sur plan C donnant un sens de cisaillement dextre.

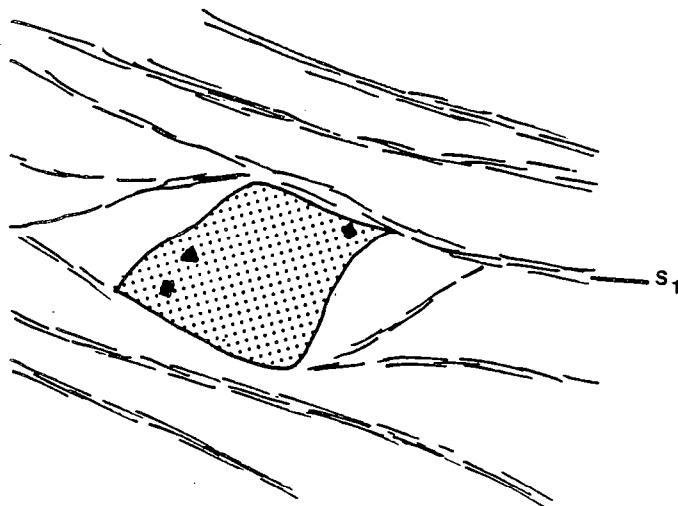


Figure 42. - Tor 2 201,80 zones abritées dissymétriques autour d'un claste clair.

de pression semblent antérieures à la déformation  $D_2$  dans ce cas.

#### IV - 2 - LES OBJETS DEFORMES

La schistosité  $S_1$  marque une déformation ductile intense entraînant la réduction de la taille des grains, l'étirement de ceux-ci, l'extinction roulante des grains de quartz. Certains minéraux tendent à acquérir des formes en "poisson" (fig. 41) caractérisant une déformation cisailante (Eisbacher, 1970 ; Lagarde, 1978 ; Berthé, 1980).

Les clastes sont marqueurs également de la déformation on note des zones abritées dissymétriques autour de certains (fig. 42). On remarque que d'autres sont affecté de microcisaillements (photo 25, pl. VI). La schistosité  $S_2$  n'affecte pas les clastes clairs (photo 13, pl. III).

#### V - INTERPRETATION DES OBSERVATIONS

La zone de Gouézec - St Thois est affectée par deux phases de plissement :

- la première est caractérisée par des plis  $P_1$  donnant des mégastructures à l'échelle de l'affleurement, associant une schistosité  $S_1$  de plan axial, de type flux. Ces mégastructures sont orientés N 70-80 déversées vers le Nord. Des grands accidents à pendage faible vers le Sud, de même direction semblent liés à ces plis synschisteux.
- la seconde est caractérisée par une schistosité  $S_2$  de type pli fracture à crénulation (N 0-20 à N 160-180 à pendage très variable).

#### V - 1 - INTERPRETATION DE LA CARTE GEOLOGIQUE

Les formations I et IV s'organisent autour d'un anticlinal sur le secteur de Gouézec. La Formation des "Grès de Landévennec" (formation III) n'apparaît qu'au Nord du secteur étudié. En considérant la succession lithologique locale, l'ensemble des formations observées de Karreg-an-Tan (formation II) à la butte de Torhoat (formation IV) représente le flanc inverse de l'anticlinal.

La formation III (des "Grès de Landévennec") n'est donc pas observée sur le flanc normal de la structure non plus que la formation IV (document 1 et 8, hors texte). Le flanc normal de l'anticlinal est uniquement représenté par les formations I et II (schistes d'âge Silurien et Formation des "Schistes de Plougastel") de l'Ouest de Menez-Fresque au Nord de Seac'h Segal (document 1, hors texte).

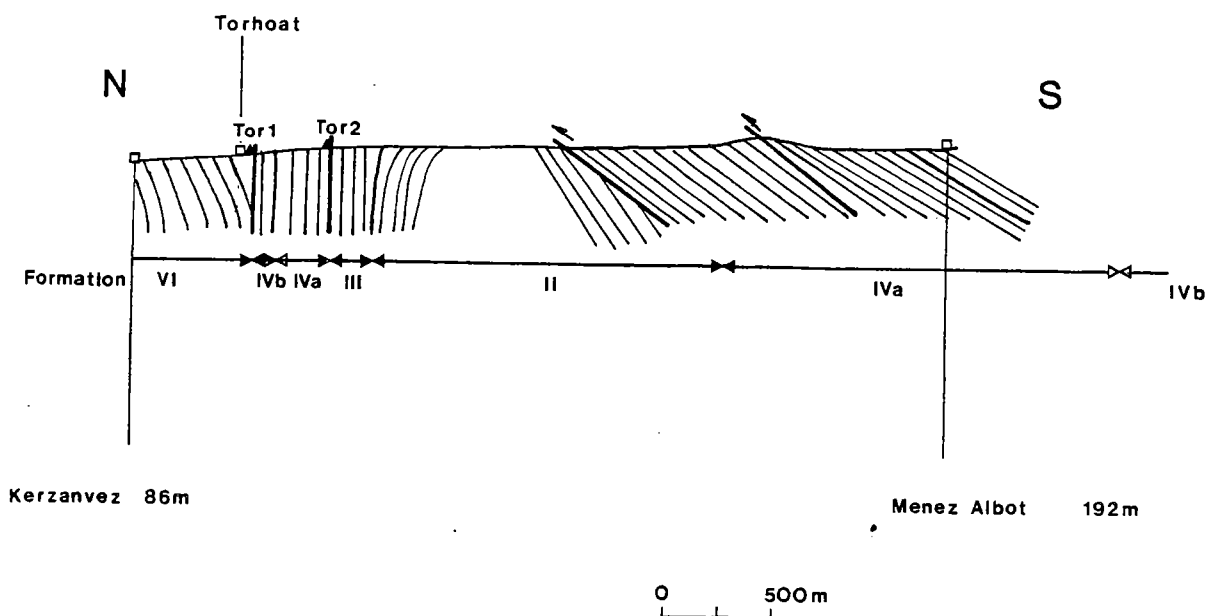
Ce flanc normal de l'anticlinal se trouve en contact anormal avec la formation IV qui se présente au Nord de Menez-Albot en une série inverse le long de ce flanc normal. Plus au Sud, la formation des "Grès de Landévennec" est observée dans les sondages Mat 2,7 et 8 (Lagleize, 1981) et dans la région au NW de Briec (cf. fig. 4 ; Le Gall, 1985). Cet ensemble de formations (III et IV) s'organisent au sein d'un synclinal qui affecte la partie de Menez-Albot dont on observe que le flanc normal. Et c'est ce flanc qui se trouve en contact anormal avec la Formation des "Schistes et Quartzites de Plougastel" (II) constituant le flanc normal de l'anticlinal de Gouézec.

Lagleize (1981) a établi également le fait que tous les sondages Mat qu'il a étudiés traversent le flanc normal d'un synclinal d'orientation N 60-70 et déversé vers le Nord.

Le contact anormal est représenté par un accident de direction N 70 et qui est peu penté (cf. II. 5) (branche Nord de "l'accident de Briec"). Il permet le chevauchement de la formation IV sur la formation II.

Lagleize (1981) a également observé sur Menez-Albot des failles d'orientation identique, à pendage sud qui aboutissent au chevauchement de la Formation des "Grès de Landévennec" par des "shales noirs à chloritoïde" (équivalents à la formation IV dans cette étude), dans le sondage Mat 4.

La formation V (roches basiques) qui apparaît sur le secteur de St Thoïs s'oriente dans une direction perpendiculaire à l'axe du synclinal : elle n'est pas affectée par le plissement et elle est donc postérieure à celui-ci. Par contre on peut noter que l'accident N 70 se poursuit dans les formations V et VI en affectant celles-ci et il est donc postérieur aux formations V et VI. L'orientation et la disposition de ces formations sur le secteur St Thoïs traduit l'effet cisailant de l'accident N 70 (cisaillement dextre observé à l'affleurement sur la butte de Torhoat).



Formation II = Formation des Schistes et quartzites de Plougastel.

Formation III = Formation du Grès de Landévennec.

Formation IVa = Schistes massifs à chloritoïdes.

Formation IVb = Schistes à chloritoïdes et quartzites associés.

Formation VI = Schistes noirs

◄► limite entre formations   ◄► limite intraformation

Figure 43. Coupe géologique entre Torhoat et Menez-Albot.

Une coupe géologique (fig. 43) réalisée entre Torhoat et Menez-Albot permet de conclure que la surface cartographique importante de la formation IV dans le secteur de Menez-Al-

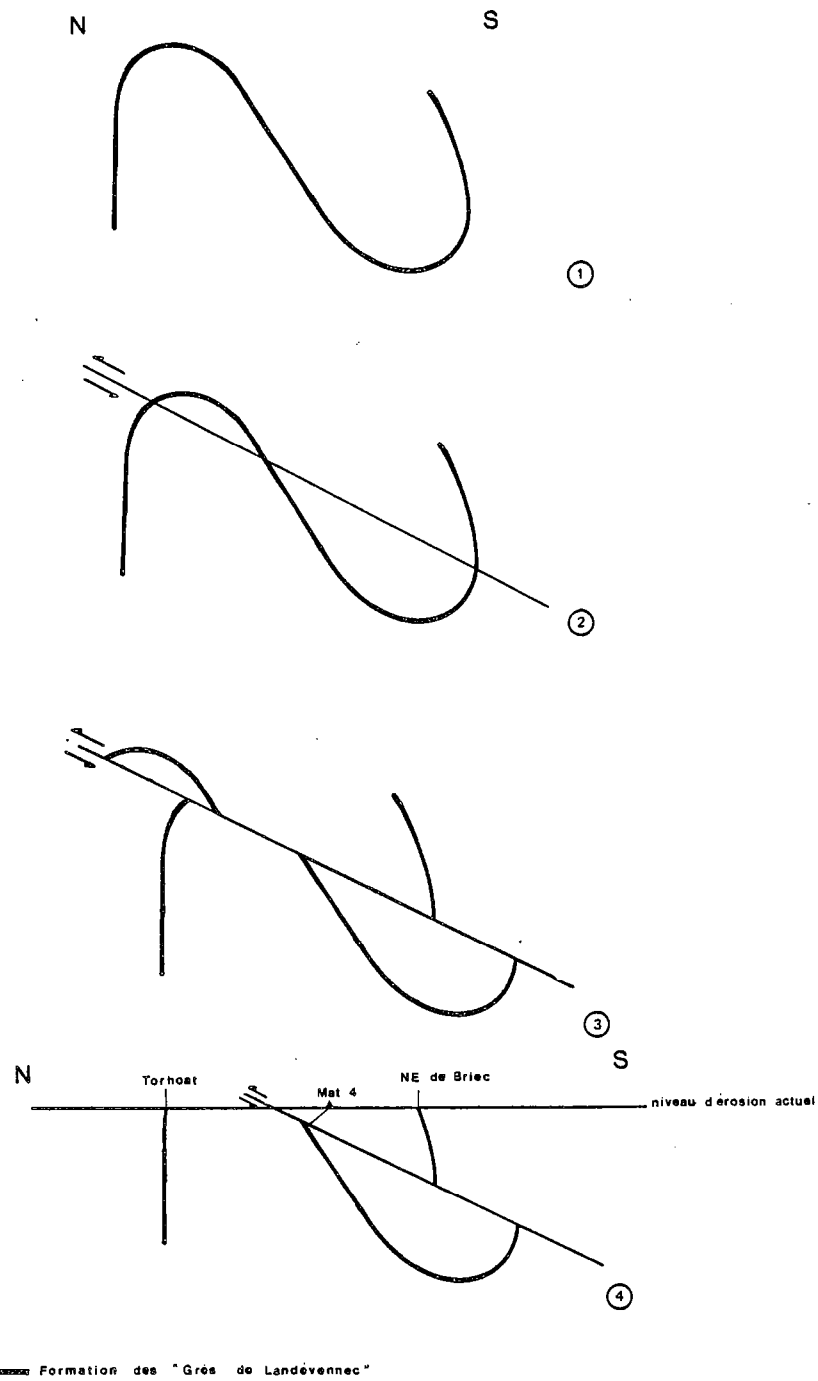


Figure 44. Evolution tectonique du secteur de Gouézec - St Thoïs.

bot ne peut résulter que de l'existence de nombreux chevauchements.

L'accident N 70 apparaît comme accident à composantes décrochante et chevauchante. Le fonctionnement chevauchant qui met en contact anormal le flanc normal de l'anticlinal avec le flanc normal du synclinal ne peut s'expliquer que par le fait que cet accident est moins penté que les plans axiaux de ces mégastructures (Audren, Jégouzo, communication orale).

On peut alors résumer ainsi l'évolution tectonique :

- 1 - une phase de plissement  $P_1$  qui affecte l'ensemble des formations I à IV (fig.44.1)
- 2 - un accident majeur se créé au sein de cet ensemble de même direction que l'axe des mégastructures mais moins penté (fig. 44.2 et 3). Il est postérieur aux formations V et VI.
- 3 - le niveau actuel d'érosion permet d'observer la Formation "des grès de Landévennec" au Nord (butte de Torhoat), au Sud dans la région au NW de Briec (fig. 4 ; Le Gall, 1985) et dans le sondage Mat 4 qui recoupe cette formation chevauchée par la Formation IV (Lagleize, 1981). Cet accident chevauchant réduit l'amplitude NS de ces mégastructures et aboutit à la disparition d'une partie du flanc normal de l'anticlinal à l'affleurement. Toute la partie de Menez Albot apparaît comme une écaille chevauchante (Aye, 1983), postérieures aux plis  $P_1$ .

Cet accident décro-chevauchant peut expliquer les caractères tectoniques locaux de la schistosité  $S_2$  et en particulier :

- la variation extrême du pendage de la schistosité  $S_2$  horizontal au niveau de la charnière de la mégastructure (pli  $P_1$ ) observée sur le secteur de Gouézec - St Thoïs et subvertical vers l'Ouest de Menez-Albot.
- l'absence presque totale de la schistosité  $S_2$  sur le secteur de Menez-Albot.

La schistosité  $S_2$  est donc induite par ce décro-chevauchement de direction N 70.

#### V. 2. COMPARAISON DE LA SUCCESSION LITHOLOGIQUE DES FORMATIONS IV ET VI SUR LE SECTEUR DE GOUÉZEC - ST THOÏS.

Les sondages Tor recoupent le flanc inverse de l'anticlinal observé sur le secteur de Gouézec - St Thoïs (document 8, hors texte) ; une série de fractures de direction NS, découpe ce flanc en blocs déplacés les uns par rapport aux autres.

Seules deux formations ont été traversées par les sondages Tor : les formations IV et VI.

- La formation IV est un ensemble de schistes et de quartzites. La présence de chloritoïde caractérise cette formation et son abondance permet de subdiviser cet ensemble en :
  - schistes massifs à chloritoïdes
  - schistes à chloritoïdes et quartzites associés
  - schistes et quartzites sans chloritoïde.

Des calcschistes et des schistes noirs apparaissent dans cette formation. On note les traces d'une activité hydrothermale et des niveaux minéralisés sont localisés dans les schistes et quartzites sans chloritoïde.

- La formation VI paraît être d'origine volcano-sédimentaire. Elle repose en discordance sur la formation IV dans le secteur de Gouézec (lieu d'implantation des sondages). Elle débute par un ensemble de séricito-chlorito-schistes. Des clastes noirs apparaissent sporadiquement. Des faciès volcaniques (apparentés à des ignimbrites) sont interstratifiés dans des schistes noirs.

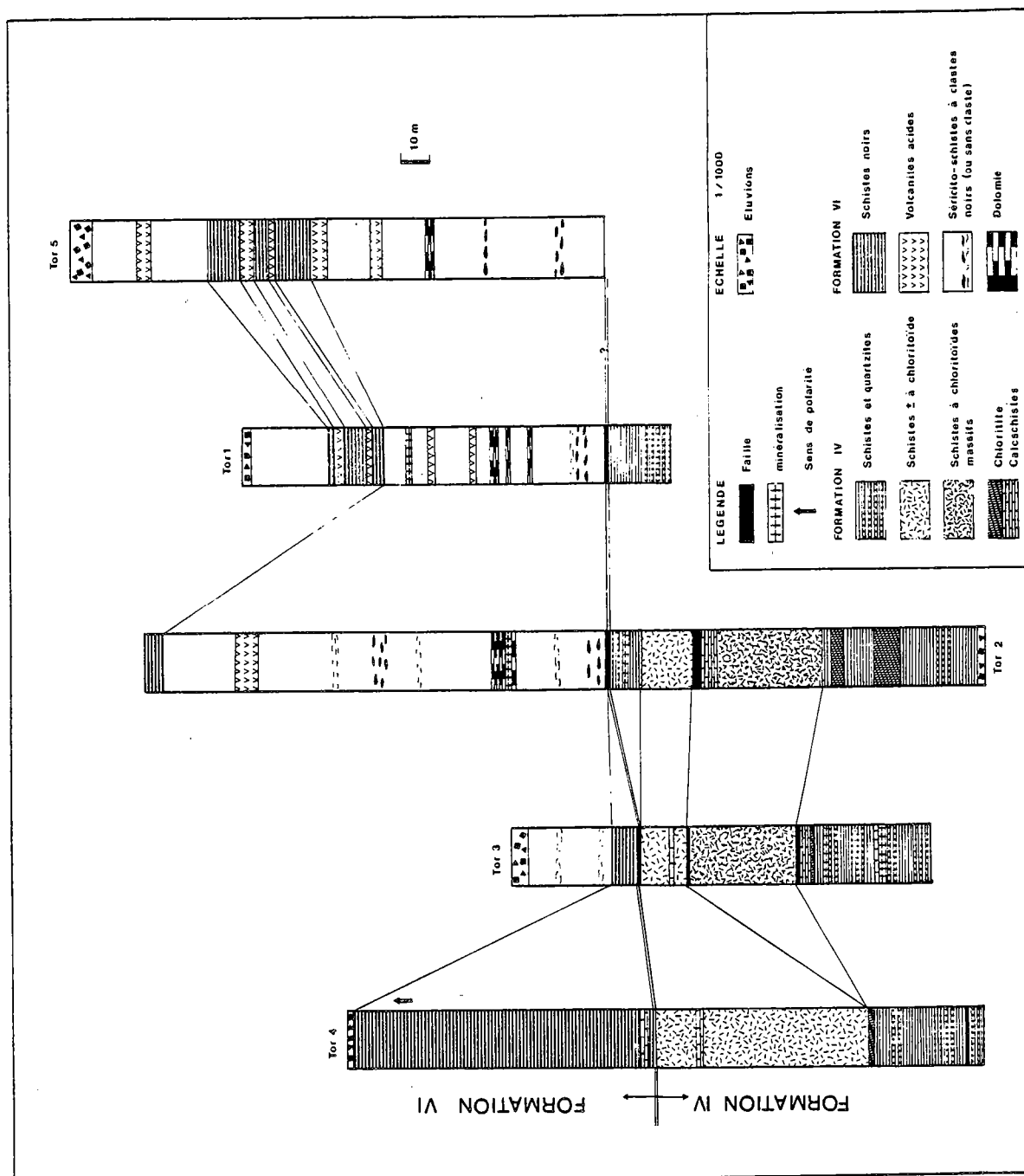


Figure 45. - Variation d'épaisseur des formations IV et VI au sein des sondages Tor.

On note également la présence d'hydrothermalisme de type carbonaté, ainsi qu'une minéralisation à dominante de blende, chalcoppyrite et pyrite.

Les sondages Tor 1, Tor 3, Tor 4, Tor 5 sont orientés NS tandis que Tor 2 est implanté SN.

La limite entre les formations IV et VI se caractérise par une discordance tectonique (la formation VI n'est pas affectée par le plissement P1, cf V. 1), par la disparition du chloritoïde et l'apparition du volcanisme dans la formation VI.

On remarque également une brusque variation de sédimentation : la formation IV comporte des schistes et des quartzites, la formation VI ne possède que des faciès très fins tant sédimentaires que volcaniques.

Ces différences ont permis d'établir des corrélations entre les formations observées dans chaque sondage Tor. On note que (fig. 45) :

1 Pour la formation IV :

- Les schistes massifs à chloritoïdes disparaissent dans le sondage Tor 4 (confirmation des observations cartographiques (document 8, hors texte)).
- Les calcschistes sont présents dans les trois sondages (Tor 2, Tor 3 et Tor 4) qui recoupent cette formation IV.

La présence d'une minéralisation et d'hydrothermalisme correspondent à une modification de la composition des schistes et quartzites, modification qui se traduit par l'absence de chloritoïde.

- Deux niveaux minéralisés apparaissent : l'un est situé à la base de la formation IV l'autre au sommet et n'est observé que dans le sondage Tor 2.

2 Pour la formation VI :

- A l'Ouest du secteur étudié la formation VI débute par des schistes noirs (document 4, hors texte). Cet ensemble devient peu important dans Tor 3 pour disparaître dans Tor 1, Tor 2 et Tor 5.
- Des schistes noirs apparaissent de nouveau dans un ensemble de séricito-chlorito-schistes. Ces derniers comportent des clastes noirs plus ou moins importants mais ceux-ci ne peuvent pas servir de niveau repère car leur présence ne montre aucune continuité apparente.
- L'hydrothermalisme de type carbonaté rencontrée dans la formation VI apparaît dans les sondages Tor 1, Tor 2 et Tor 5. La minéralisation y est associée dans le sondage Tor 2.

Le niveau minéralisé le plus riche économiquement, (cf. sixième partie) apparaît dans le sondage Tor 1 et semble associé à des volcanites acides.

Ces corrélations permettent de formuler les conclusions suivantes :

- le volcanisme apparaît à l'Est de Gouézec (absence dans Tor 4)
- la minéralisation de la formation IV (niveau minéralisé inférieur) apparaît dans un ensemble de schistes et quartzites à chloritoïde caractérisé par la présence d'un niveau de calcschiste et par la disparition de chloritoïde à la proximité du minerai
- le volcanisme acide semble être un facteur favorable à la présence de la minéralisation sur le secteur de Gouézec - St Thoïs.

Le volcanisme acide et les calcschistes semblent donc constituer deux niveaux repères liés étroitement à la minéralisation.

### V - 3 - COMPARAISON ENTRE LES CARACTERISTIQUES STRUCTURALES DES FORMATIONS IV ET VI

La comparaison est rendue difficile par le fait que les affleurements de la formation IV sont plus nombreux que ceux de la formation VI. D'autre part le secteur de Gouézec - St



Thois est situé à la limite du bassin carbonifère (formation VI) et son étude ne permet pas d'effectuer toutes les observations tectoniques. Seule l'analyse cartographique de détail (document 8, hors texte) permet de conclure que la formation VI n'est pas affectée par le plissement  $P_1$  et que sa structuration est postérieure et est liée à une phase de décrochevauchement responsable de la création du bassin carbonifère (cf. I. 1.) correspondant aux failles secondaires engendrées lors du fonctionnement de celui-ci (Gamond et Giraud, 1982).

## VI - CONCLUSION

Le secteur de Gouézec --St Thois semble donc devoir sa structuration à deux phases successives de déformation :

- 1 - La première phase se manifeste par des plis  $P_1$  synschisteux donnant des mégastructures d'ordre hectométrique d'axe N 70, affectant les formations I à IV d'âge silurien à dévonien moyen (cf. première partie, I. 2.).
- 2 - La deuxième phase est caractérisée par des décrochevauchements de direction N 70, peu pentés. Elle est marquée par une schistosité de fracture atteignant le stade de la crénulation. Cette phase affecte l'ensemble des formations observées sur le secteur étudié.

Au Paléozoïque supérieur, l'ensemble du bassin de Châteaulin, partie occidentale du synclinorium médian, apparaît plus mobile et subsident que la région orientale. Il est le siège d'une activité magmatique (Barrière et al., 1983) qui se développe dans le Gedinnien donnant un volcanisme de type bimodal présentant des affinités alcalines ou de tholeïtes intraplaques (Maillet, 1977 ; Cabanis, 1972). Cette activité magmatique est accompagnée d'événements tectoniques : phases bretonne, namurienne, westphalienne.

La phase bretonne est caractérisée par une activité tectonique intense et brève. Elle se traduit par des glissements gravitaires et des décollements de couverture affectant les formations d'âge maximal fammien (Rolet et al., 1981). Ces derniers sont caractéristiques d'une tectonique tégumentaire (Darboux et Rolet, 1984 ; Rolet, 1984 b) qui conduit à des superpositions d'unités dévoniennes et qui sont accompagnés de couloirs de cisaillements en régime transcurant dextre (Rolet et al., 1986).

Au Strunien apparaissent des aires losangiques à forte subsidence. La phase namuro-westphalienne caractérise par une crise orogénique qui entraîne la compression NS du bassin de Châteaulin et développe des failles inverses et des écaillages vers le Nord dans le "bourrelet" paléozoïque de Briec (Rolet et al., 1986).

Les épisodes tectoniques observés sur le secteur de Gouézec - St Thois peuvent être rapportés :

- pour le premier à la "phase bretonne" caractérisée par des plis synschisteux de direction N 70
- pour le second, à la phase namuro-westphalienne qui clôture l'histoire du bassin.

La zone de Briec qui inclut le triangle de Gouézec - St Thois - Menez-Albot représente un secteur particulier possédant sa propre histoire dans le bassin de Châteaulin. Elle présente après la phase bretonne une direction particulière par rapport à l'axe d'extension du bassin de Châteaulin où va s'établir une vaste aire losangique de type graben sur coulissage (pull-apart). Les décrochements dextres vont contrôler la sédimentation et structurer le bassin lors de la fermeture de celui-ci. Les structures observées sur le secteur de Briec sont orientées à 70° des bords du bassin et peuvent avoir constitué un lieu privilégié pour la mise en place d'une minéralisation.

## VII - LE METAMORPHISME

Après cette étude tectonique, il est intéressant de caractériser les phénomènes métamorphiques qui accompagnent la genèse de ces structures.

### VII - 1 - LE METAMORPHISME REGIONAL

Le métamorphisme régional anchizonal à l'extrême Ouest du bassin de Châteaulin devient épizonal vers l'Est (Sagon, 1973, 1976 ; Bril et Thiry, 1976 ; Paradis, 1981). Il se caractérise essentiellement par la présence de chloritoïde dans de nombreuses formations. Sur le secteur de Gouézec - St Thois, seules les formations I à IV sont affectées par la première phase (de plissement  $P_1$ ) et c'est au coeur de ces formations qu'apparaît le chloritoïde ; principalement dans la Formation des "Schistes et Quartzites de Plougastel" et dans la formation IV.

La deuxième phase tectonique affecte l'ensemble des formations. Les volcanites basiques de la formation V étant très peu métamorphisées comme le confirment les diagrammes de Hart (1973) (cf deuxième partie, II. 2. 1.). Cette phase ne paraît donc pas accompagnée de transformations importantes.

Aucune étude de fraction fine n'a été effectuée au cours de ce travail. Certains minéraux tels que la margarite ou la paragonite sont difficilement déterminables à partir des diagrammes de diffraction des R. X. sur la poudre de la roche totale. Cette étude permettrait de se servir de ces minéraux comme repère stratigraphique et de degré de métamorphisme (Sagon et Dunoyer de Segonzac, 1972 ; Bril et Thiry, 1976 ; Sagon, 1976). Les néoformations que l'on observe au microscope sont souvent orientées et sont contemporaines de la phase plicative. Dans les faciès sédimentaires on note la cristallisation de mica blanc (séricite, muscovite principalement), des chlorites et du chloritoïde.

Les néoformations de micas blancs et de chlorite sont difficilement observables car le matériel est très fin en général. Ces minéraux sont plus visibles dans des sites particuliers tels que les ombres de pression.

Le chloritoïde est le principal marqueur du métamorphisme régional et contemporain de la schistosité  $S_1$  dans le secteur de Gouézec - St Thois.

Le chloritoïde cristallise en baguettes automorphes ou suivant une symétrie particulière (Capdevila, 1968) en macles épitaxiales formant des gerbes (photo 26, pl. VI).

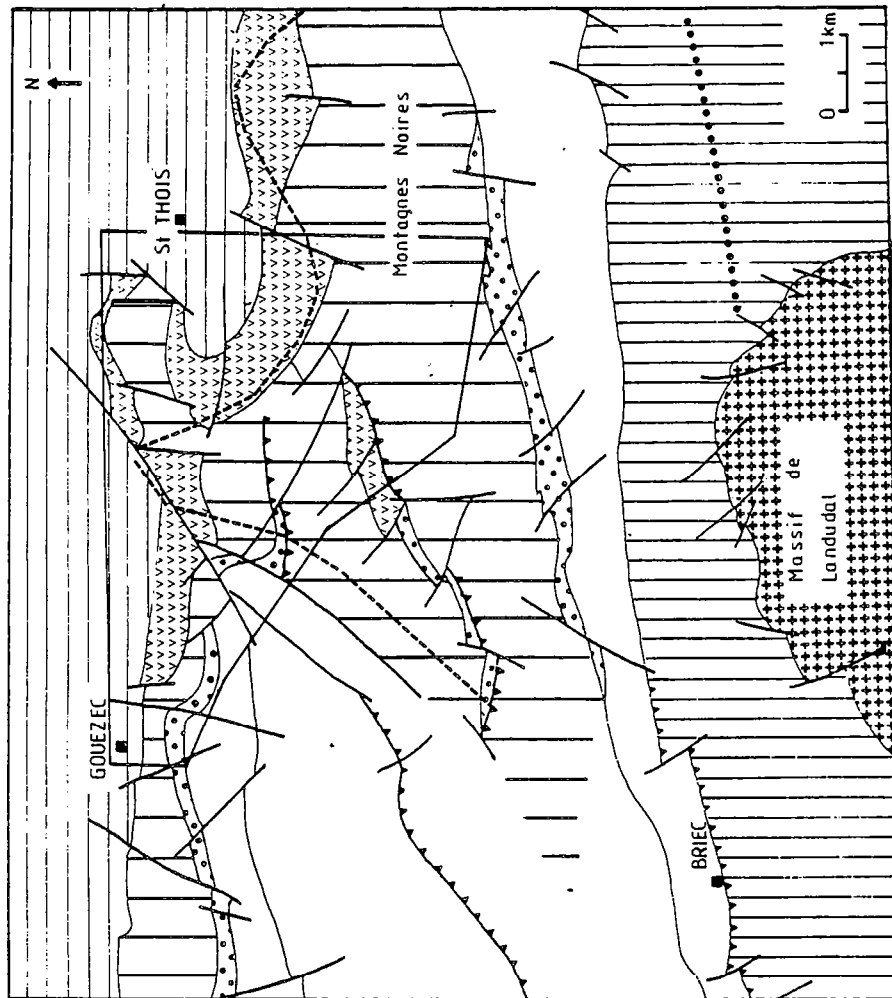
Le minéral disparaît à l'approche de la minéralisation ou à la proximité des faciès hydrothermaux.

La différence d'abondance du chloritoïde entre certains niveaux et à l'intérieur de ceux-ci ne peut s'expliquer que par l'existence d'une zonation chimique primaire.

Les relations géométriques observées entre les cristaux de chloritoïde et les structures tectoniques sont les suivantes :

- le chloritoïde s'oriente préférentiellement dans la schistosité  $S_1$ . Il est synschisteux.
- le chloritoïde contourne parfois certains objets anté-schisteux (photo 26, pl. VI), de façon souple. Ils présentent alors des caractères d'une cristallisation syntectonique vis à vis de la première phase.

Dans certains cas, on note que les cristaux recoupent nettement la schistosité  $S_1$  et qu'ils possèdent alors tous les caractères d'une cristallisation post-tectonique néanmoins on observe également que ces cristaux sont déformés ou réorientés dans la schistosité  $S_2$  confirmant leur antériorité par rapport à la deuxième phase tectonique.



- Formation de Pont-de-Buis  
 Formation Volcano-détritique de Lostenvern  
 Grès de Landevennec  
 Briovère  
 granite de Landudal  
 métamorphisme de contact  
 limite supérieure  
 isograde biotite  
 secteur étudié

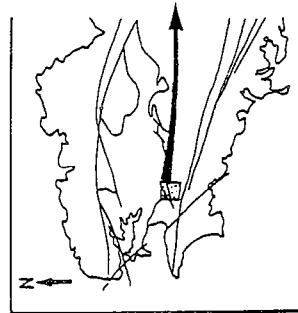


Figure 46. - Limite du métamorphisme de contact sur la zone de Gouezec - St Thois, observée par Le Gall (1984).

Le chloritoïde apparaît comme le principal marqueur du métamorphisme lié à la première tectogénèse. Il possède des caractères syn à post tectonique. L'apparition de ce minéral, en dehors des conditions de température et de pression qui sont de 450° C pour 4-5 Kbar (Sagon, 1976) est subordonné à la lithologie, à une zonation chimique primaire correspondant à la présence excédentaire d' $\text{Al}_2\text{O}_3$  dans les sédiments originels (Sagon, 1976), à la présence de minéralisation ou d'hydrothermalisme.

Le métamorphisme régional du secteur de Gouézec - St Thois possède des paragenèses des faciès schistes verts type Barrow : chlorite, mica blanc, chloritoïde. Il débute par une phase dynamique de moyenne pression et se prolonge par une phase statique de basse pression.

## VII - 2 - LE METAMORPHISME DE CONTACT

Le métamorphisme de contact a été observé par Guyot (1978) et Le Gall (1984). Dans la nouvelle édition de la carte géologique de la France au 1/50.000, feuille de Gourin, Le Gall a limité les isogrades du métamorphisme de contact observé (figure 46) induit par le massif granitique syntectonique de Landudal (Hamner et al., 1982) et ses apex cachés. Guyot (1978) et Le Gall (1984) observent un métamorphisme à andalousite. Le métamorphisme de contact est observé très au Nord du massif granitique, vers le Cosquer (cf. document 8, hors texte) dans la Formation volcano-détritique de Lostenvern. Personnellement je n'ai pas eu l'occasion d'observer ce métamorphisme. Par contre dans la région du Cosquer une coupe d'une dizaine de mètres permet d'étudier un contact entre des schistes noirs appartenant à la formation et des métadolérites appartenant à la formation et qui se présentent localement sous la forme d'un filon (cf. document 1 et 8, hors texte). Au niveau du contact sur un mètre environ on peut observer dans les schistes noirs des petites ponctuations blanches qui peuvent correspondre des tâches de métamorphisme. Aucune lame mince n'a pu être réalisée ; l'étude par diffractométrie R. X. n'a pas donné de résultats. Il apparaît nettement néanmoins sur le terrain la localisation de ces tâches est liée à la bordure du filon de métadolérites.

## VIII - CONCLUSION GENERALE

La chronologie des événements tectoniques observés sur le secteur de Gouézec - St Thois est caractérisée par les observations du métamorphisme, des phases structurales, du volcanisme (Tableau 18).

L'évolution tectono-métamorphique du secteur de Gouézec - St Thois (flanc sud et occidental du bassin de Châteaulin) se traduit par l'existence de deux tectogénèses :

- une phase plicative synschisteuse et métamorphique attribuée à la phase "bretonne"
- une phase de décro-chevauchement synschisteuse localement attribuée à la "phase namuro-west-phalienne".

| EPISODES DE DEFORMATION | <sup>D<sub>1</sub></sup><br>"phase bretonne"<br>syn post  | <sup>D<sub>2</sub></sup><br>"phase namuro-westphalienne"<br>syn   |
|-------------------------|---|---|
| FORMATIONS AFFECTEES    | I à IV  | I à VI  |
| PLIS                    | mégastructures P <sub>1</sub> d'ordre hectométrique d'arc N 70<br>"bourrelet de Briec"  | Localement microplis P <sub>2</sub>   |
| SCHISTOSITE             | S <sub>1</sub> de flux de plan axial  | S <sub>2</sub> de fracture à crénulation<br>(à pendage subhorizontale dans la charnière des plis P <sub>1</sub> )             |
| METAMORPHISME           | Régional caractérisé sur le secteur de Gouézec - St Thois par l'apparition de chloritoïde syn à post D <sub>1</sub> mais anté D <sub>2</sub><br>MP BP<br>phase dynamique phase statique | <i>de contact à andalousite au massif granitique de Landudal (Guyot, 1978 ; Le Gall, 1985)</i>                                |
| FRACTURATION            |   | décrochement N 70 et chevauchement associé peu penté vers le Sud. Fracturation NS en dehors de la zone de l'accident de Briec |

↓  
Volcanisme bimodal

Tableau 18. - Chronologie des événements tectono-métamorphiques du secteur de Gouézec - St Thois.

## **CINQUIEME PARTIE**

### **Datation des formations IV et VI : étude micropaléontologique**



## I - INTRODUCTION

L'étude micropaléontologique a été réalisée avec la collaboration de F. Paris et de A. Le Hérissé essentiellement sur le matériel fourni par les sondages. L'échantillonnage a été conduit uniquement dans le but d'essayer de cerner au plus près l'âge des couches minéralisées.

## II - RAPPELS DES DONNEES

Les travaux cartographiques et l'étude des sondages Tor ont permis de montrer que ces derniers ne recoupaient que les formations IV et VI.

Les indices minéralisés sont situés stratigraphiquement au dessus de la Formation des "Grès de Landévennec" datée du Lochkovien et dans la Formation des "Schistes de Châteaulin" datée du Carbonifère (cf. tableau 1). Il est donc apparu nécessaire de préciser l'âge des formations qui contiennent ces indices minéralisés.

Selon les travaux de Rolet (1984) et Le Gall (1985) la formation IV, sur le secteur de Gouézec - St Thoïs, correspond au Groupe de Guendaré daté Lochkovien supérieur à Eifélien inférieur (secteur de Gouézec ; Rolet, 1984) ou à un ensemble de formations (Formation des "Schistes de Guendaré" à Formation des "Grès de Tor ar Hoat" daté Lochkovien supérieur à Givétien inférieur (secteur de St Thoïs ; Le Gall, 1985)).

La lacune sédimentaire que l'on observe ensuite, due à la "phase bretonne", n'a pas la même importance entre les deux secteurs étudiés par ces auteurs (tableau 1). L'étude micropaléontologique peut permettre de résoudre ce problème et de dater localement les effets de la "phase bretonne".

Le niveau minéralisé inférieur apparaît dans des schistes et quartzites de la formation IV. La minéralisation est généralement dissiminée dans la roche et elle ne paraît pas associée à un volcanisme proximal.

Le niveau minéralisé supérieur est situé dans la formation VI, lié à des volcanites acides ou au faciès hydrothermal carbonaté.

Les données stratigraphiques disponibles sur le secteur de Gouézec - St Thoïs sont les suivantes :



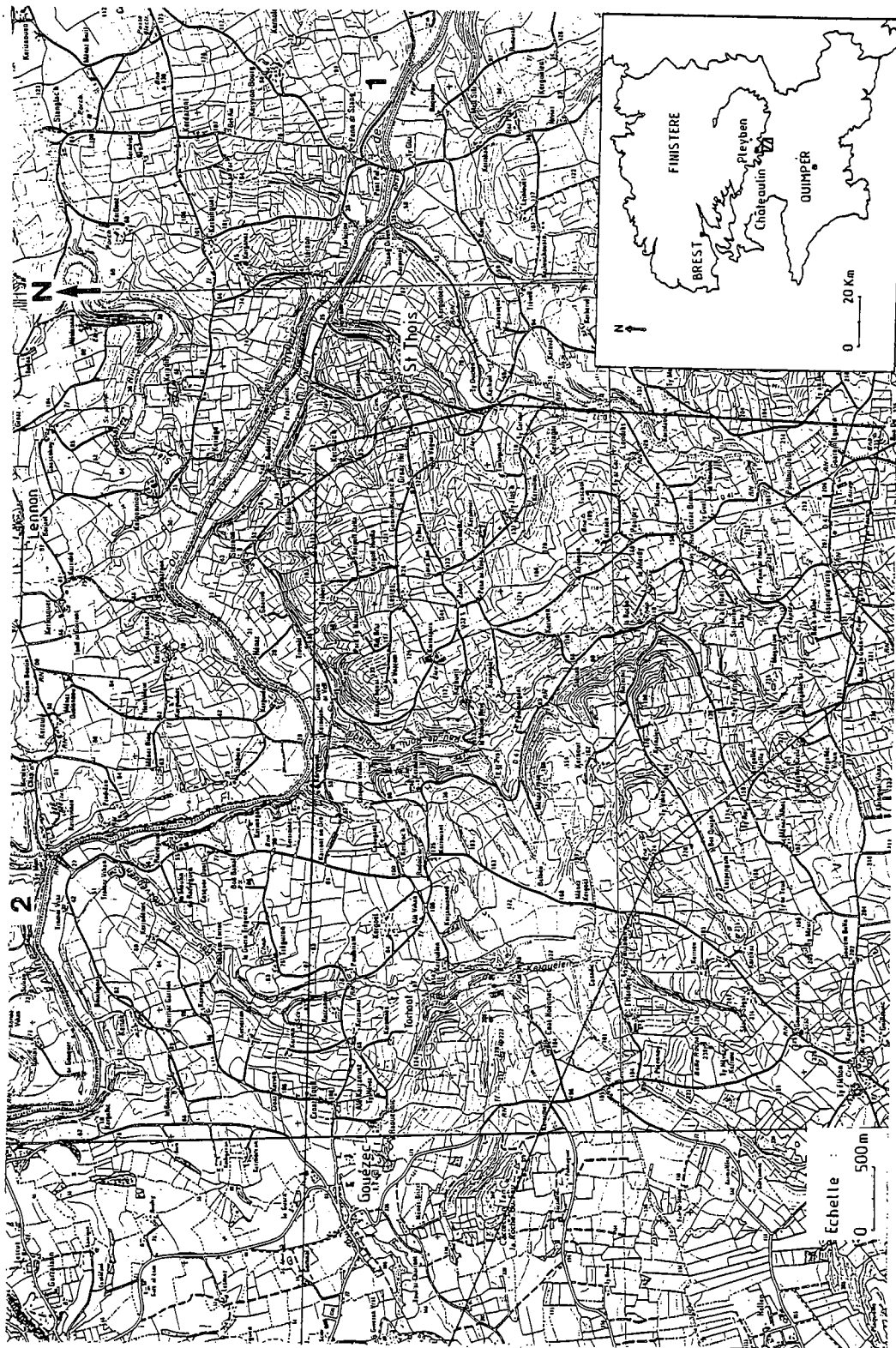


Figure 47 . - Position des secteurs datés au Nord de la zone de Gouézec - St Thois :  
 1 Carrière de Ty Men  
 2 Pont Pol Ty Glaz

- Au Sud de la butte de Torhoat affleurent la Formation des "Grès de Landévennec" et la Formation des "Schistes et Quartzites de Plougastel" (Karreg-an-Tan) datées du Pridolien au Lochkovien (fig. 47 et tableau 1).

- à la carrière de Ty Men près de Lennon : spores du Viséen supérieur (Rolet et al., 1984)
- au Pont de Pol Ty Glaz, les schistes sont datés également Viséen supérieur (Rolet et al., 1984).

D'après les travaux de Barrois (1885), Pruvost et Le Maître (1949), Rolet (1984), les formations carbonifères sont présentes au Nord de la butte de Torhoat dès la ferme de Keromnès et Kerzanvez. Entre la butte et la plaine occupée par ces fermes il n'existe pas d'affleurement et seuls les sondages ont permis de recouper la formation VI.

Sur le secteur de Menez Albot Lagleize (1981) met en évidence dans le sondage Mat 5 entre les cotes 102,10 et 102,50 dans les "shales noirs à chloritoïdes" (équivalent formation IV dans cette étude, cf. fig. 43 et document 8, hors texte) une flore typique de la période Viséen inférieur - Namurien (Châteauneuf, 1980).

### III - LES ECHANTILLONS PRELEVES

Dans la formation IV des schistes noirs associés aux calcschistes, des schistes associés à des quartzites (avec ou sans chloritoïde) mais toujours situés à proximité de la minéralisation, ont été choisis :

- dans Tor 1 185,10 à 185,30 m (schistes noirs)
- dans Tor 2 57,63 m (schistes noirs)
  - Tor 2 101,80 m (schistes massifs à chloritoïdes)
  - Tor 2 135,95 à 136,20 m (schistes noirs associés aux calcschistes)
- dans Tor 3 96,50 m (schistes massifs à chloritoïdes)
  - Tor 3 136 à 137 m (schistes noirs et calcschistes)
  - Tor 3 178,95 à 179 m (schistes associés à des quartzites sans chloritoïde, et minéralisés).

Pour la formation VI les échantillons ont été prélevés dans les schistes intercalés dans les volcanites acides ou situés à la base de cet ensemble :

- Tor 1 74,20 m
- Tor 3 55,60 m
- Tor 4 38,40 m
- Tor 5 70,40 et Tor 5 75,80 m
- Tor 5 123,55 à 123,70 m
- Tor 5 130 à 130,20 m.

L'ensemble des échantillons a été traité par F. Paris et D. Bernard. Parfois plusieurs tentatives d'oxydation ont été nécessaires afin d'éclaircir le matériel.

### IV - LES RESULTATS

#### IV - 1 - LES RESULTATS OBTENUS POUR LA FORMATION IV

Dans la formation IV le matériel traité est toujours sombre et très évolué. Cette formation a subi le métamorphisme régional et la matière organique s'est en partie transformée en graphite (cf. quatrième partie).

Les calcschistes et les schistes noirs apparaissent entre les cotes 130,50 et 138,50 m dans le sondage Tor 2, entre 134,75 et 140 m dans le sondage Tor 3. Ce faciès renferme des articles de crinoïdes (photo 27, pl. VII) ; déformés ils sont indéterminables (Vuillemin, communication orale). Ces calcschistes ont fait l'objet d'une étude au B.R.G.M. réalisée par Le Nindre. Il décrit cette roche comme une encrinite granoclassée. Les débris de crinoïdes sont bien conservés et il observe les traces du tissu échinodermique. Le granoclassement provoque un enrichissement en lits d'argilite pyriteuse peu ou pas recristallisée. La nature de la faune et son mode de dépôts sont significatifs d'un environnement circalittoral à talus avec une influence turbiditique possible. Le Nindre (1985) conclue également que ces articles de crinoïdes ne sont pas déterminables. Les tentatives d'extraction micropaléontologiques ont été réalisées dans les schistes noirs associés à ces calcschistes. On observe que des spores très sombres indéterminables.

Les extractions réalisées dans les schistes massifs à chloritoïdes et dans les schistes et quartzites minéralisés ont donné un matériel très sombre composé de débris végétaux et de spores indéterminables.

#### IV - 2 - LA FORMATION VI

Les échantillons traités fournissent un matériel plus abondant que précédemment. Seuls des schistes noirs ont été traités. Ces différents niveaux sédimentaires s'intercalent entre le sommet de la formation IV et les volcanites de la formation VI.

##### IV - 2 - 1 - LE NIVEAU TOR 4 38,40 M

Ce niveau fait partie de l'ensemble de schistes noirs qui surmontent la formation IV, à l'Ouest du secteur de Gouézec. Le matériel obtenu est composé de spores et de débris végétaux très sombres.

Les spores apparaissent trilètes (photo 28, pl. VII). Malgré leur bonne conservation elles ne sont pas déterminables. Parmi les débris végétaux on rencontre des fragments de tissus ligneux à structure relativement évoluée (photo. 29, pl. VII).

Dans ce matériel F. Paris a observé un seul chitinozoaire, un peu sombre mais assez bien conservé. Au microscope à balayage on note que son enveloppe apparaît légèrement déchirée mais sa collerette est nettement visible (photo. 30, pl. VII). Il s'agit d'un exemplaire "*Bulbochitina bulbosa*" bien représenté au Siegenien supérieur (Paris, 1982). Ce chitinozoaire est particulièrement abondant dans la Formation de la "Grauwacke du Faou".

Du fait de la présence d'un seul individu ce résultat doit être utilisé avec réserve.

##### IV- 2 - 2 - LE NIVEAU TOR 1 74,20 M

Ce niveau a donné un matériel abondant composé de spores et de débris de tissus végétaux et d'acritarches.

Les spores sont trilètes ou apiculées. Les exines des spores sont parfois pyritisées (photo. 31, pl. VII). Les débris végétaux sont parfois très clairs.

Les acritarches sont relativement nombreux, sphériques (mais leur paroi est souvent déchirée) comportant de petites épines (photo. 31 et 32, pl. VII). Ces déterminations ont été effectuées par A. Le Hérisse. La conservation est médiocre et parmi les acritarches un genre prédomine : "*Gorgonisphaeridium*" (Staplin, Jansonius et Pocock, 1955). Leur espèce est indéterminable.

Pour A. Le Hérisse ce niveau peut être daté du Dévonien moyen - Dévonien supérieur (Frasnien - Fammenien) mais de nouveau ce résultat doit être considéré avec toutes les réserves possibles à cause de la médiocre conservation du matériel.

Le matériel apparaît néanmoins d'origine continentale comprenant quelques organismes microplanctoniques marins.

Les niveaux Tor 5 70,40 et Tor 5 75,80 présentent le même type de spores et de débris végétaux mais on n'observe pas d'acritarches.

#### IV - 2 - 3 - LE NIVEAU TOR 5 123,55 M

Ce niveau présente des tentaculites presque totalement pyritisées. Ils s'observent sous la forme de petits cônes aigus ornés de côtes longitudinales et d'anneaux transversaux. Ces fossiles disparaissent au Frasnien et apparaissent comme un bon marqueur stratigraphique. Ils sont donc d'âge dévonien supérieur au maximum.

En dehors de ces organismes marins on observe également des spores et des débris végétaux mais ils apparaissent moins nombreux que dans le niveau décrit précédemment.

Dans le niveau Tor 5 130 m on note la présence de spores, de bois et de débris végétaux identiques à ce niveau Tor 5 123,55 m.

#### V - CONCLUSION

La formation IV fournit peu de matériel et ce dernier apparaît évolué et déformé. Cette transformation est la conséquence du métamorphisme de type épizonal (présence de chloritoïde) lié à la "phase bretonne" qui affecte cette formation (cf. quatrième partie).

Remarque : ceci remet en cause les résultats de D. Lagleize (1981) qui signale une flore abondante dans des "shales noirs à chloritoïde", flore datée du Viséen inférieur - Namurien. On peut en effet mettre des réserves sur l'origine du matériel utilisé et sur son assimilation à la formation des schistes à chloritoïdes.

La formation VI fournit un matériel plus abondant composé de spores, de débris végétaux (nombreux morceaux de bois), d'acritarches et de tentaculites.

Bien que l'analyse précise des formes soit rendue difficile par l'état de conservation il apparaît que le matériel organique recueilli a un caractère d'assemblage d'âge dévonien moyen à supérieur (à la limite du Carbonifère vers le sommet de la formation VI observée).

Au point de vue paléogéographique la présence de crinoïde dans la formation IV est significative d'un environnement marin.

La présence de spores et de débris végétaux abondants permet d'affirmer que la formation VI s'est déposée dans un environnement caractérisée par la proximité du continent sous une faible tranche d'eau et par une certaine instabilité liée à une activité volcanique contemporaine de la sédimentation. La présence de tentaculites et d'acritarches sont significatives d'un environnement marin.

## **SIXIEME PARTIE**

### **Etude de la minéra- lisation**



## INTRODUCTION

Sur le secteur de Gouézec - St Thoïs la minéralisation n'a pu être observée que dans les échantillons fournis par les sondages.

### I - 1. HISTORIQUE DE LA DECOUVERTE DE LA MINERALISATION

Au cours des siècles derniers, les anciens ont exploité de nombreux gîtes de plomb argentifère. Les métaux étaient extraits de grands filons de direction submeridienne, d'âge tardi-hercynien (par exemple La Touche-en-Vieux-Vy, Ille-et-Vilaine). Les campagnes de prospection aluvionnaire et de géochimie stratégique conduites par le B.R.G.M. au début des années 60 sont à l'origine de la découverte de 200 anomalies en Bretagne centrale, région présumée favorable à l'origine (Guigues, 1978). Les indices de minéralisation à Pb, Zn, Cu, Ag puis les gîtes volcano-sédimentaires paléozoïques de la Porte-aux-Moines, Bodennec, Gausson, Scrignac, Menez Albot, Torhoat tous situés sur les bordures du bassin de Châteaulin ont ainsi été découverts. Le gisement de Rouez situé à l'Est du Massif armoricain, dans le Briovérien du Maine a été reconnu par la S.N.E.A. (P) à la suite d'une campagne de magnétisme aéroporté (Safa, 1980). Le gisement de Trémuson a été reconnu comme gîte volcano-sédimentaire briovérien (Le Fur, 1978). Ce dernier gisement par sa reconnaissance en tant que gîte volcano-sédimentaire permet d'assimiler le Massif armoricain à une véritable province polymétallique à Pb, Zn, Cu, Ag (Bertraneu, 1978).

Sur le secteur de Gouézec - St Thoïs, à la suite de campagnes de prospection géochimique et géophysique le site de Torhoat est apparu comme lieu favorable. En juin 1981, le sondage Tor 1 a été implanté au bas de la butte de Torhoat (document 1, hors texte) et il a recoupé un niveau de sulfures massifs d'une épaisseur de 1,50 m avec des teneurs Pb + Zn aux environs de 12%. En Février 1982, le sondage Tor 2 a été implanté, en tir inverse du sondage Tor 1, afin de recouper l'aval de cette minéralisation. Les résultats obtenus n'ont pas confirmé les espérances : le niveau minéralisé n'a pas été recoupé mais le sondage met au jour des formations incon- nues à la surface (cf. première partie, IV). En mars le sondage Tor 3, implanté au niveau de la ferme de Ty Nevez afin de suivre la minéralisation vers l'Ouest, a traversé un passage miné- ralisé qui apparaît dans une formation de schistes et de quartzites. Le sondage Tor 4 situé le plus à l'Ouest dans le secteur de Gouézec - St Thoïs est implanté à l'Ouest du village de Goué- zec et ne recoupe aucune minéralisation notable. Suite à des travaux de synthèse (divers rapports



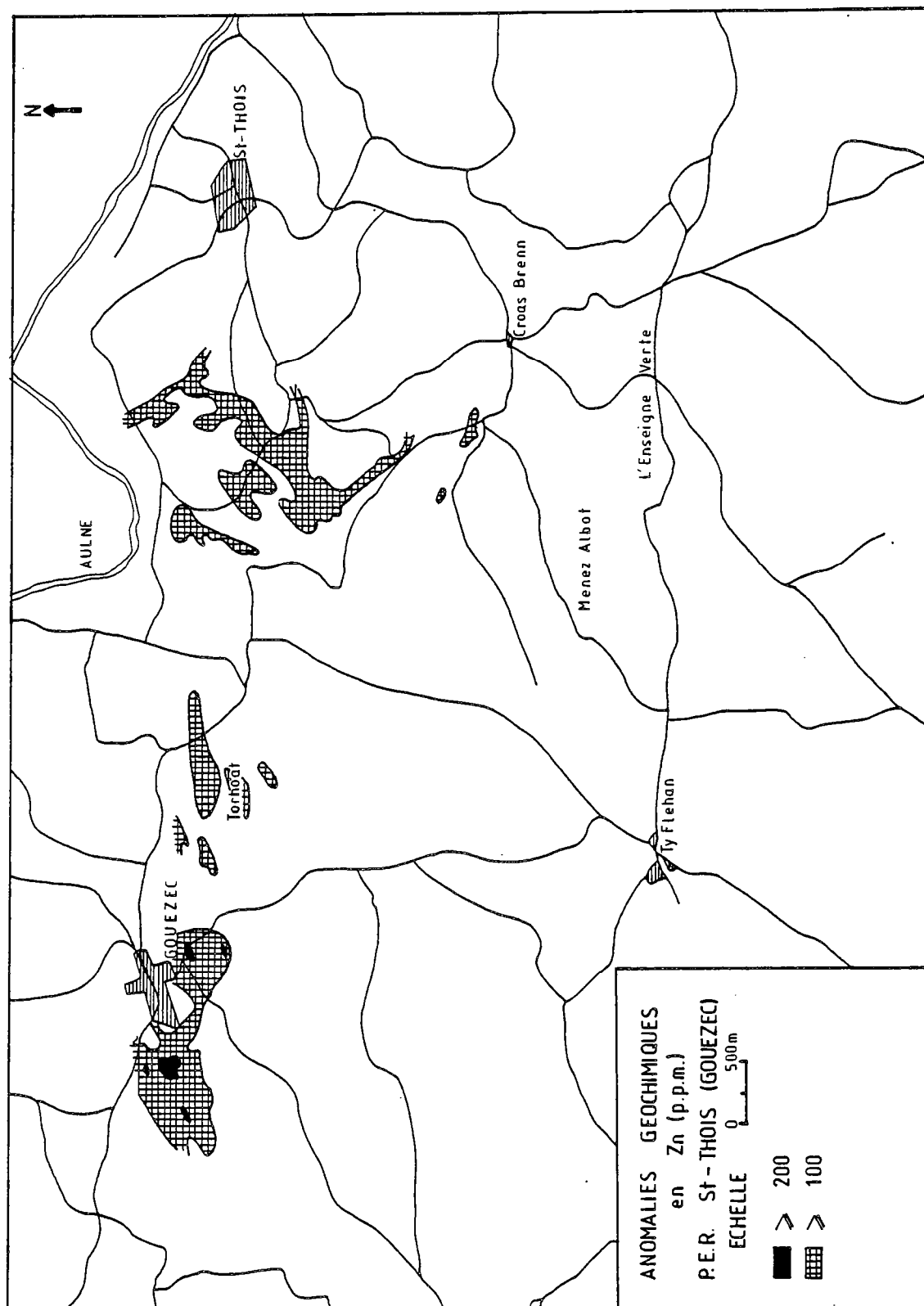


Figure 48. - Carte d'anomalies géochimiques en Zn (ppm) sur le secteur de Gouézec - St Thois (d'après données B.R.G.M.).

inédits) le B.R.G.M. entreprend en Novembre 1985 l'implantation d'un dernier sondage sur la zone de Torhoat. Ce dernier est implanté N 30 - N 210 (Tor 1, Tor 2, Tor 3, Tor 4 étaient implantés NS ou SN) ; il doit théoriquement recouper le niveau minéralisé. Il traverse de nombreux niveaux volcaniques mais aucun niveau minéralisé, n'est reconnu dans ce sondage.

## I - 2 - RAPPELS DES DONNEES

Les seuls travaux géologiques et géochimiques sont ceux de Lagleize (1981) et de Aye (1983) et portent sur le secteur de Menez Albot principalement. Ces deux auteurs considèrent que la minéralisation, rencontrée uniquement en sondage se présente au sein d'une série d'alternances gréso-pélitiques à faible fraction volcanogène d'âge pridoli-gédinnien assimilée par D. Lagleize (1981) à la Formation des "Schistes et Quartzites de Plougastel". La minéralisation de type sulfuré à Pb, Zn, Cu est stratiforme à l'échelle du secteur et elle s'est mise en place dans un contexte de plate-forme, à l'interface eau de mer-sédiments (Lagleize, 1981).

Sur le secteur de Gouézec - St Thoïs, au coeur des six formations différenciées, deux niveaux minéralisés ont été mis en évidence :

- Le niveau minéralisé inférieur apparaît au sein des schistes et des quartzites de la formation IV (dépourvus de chloritoïde en présence de minéralisation). Il apparaît généralement dissimulé dans la roche et aucun volcanisme n'y est associé. Un passage hydrothermal de type chloritite est présent en base de formation IV (document 2, hors texte).
- Le niveau minéralisé supérieur est situé dans la formation VI. Il apparaît intimement lié à des volcanites acides ou à un faciès hydrothermal carbonaté que l'on peut suivre dans les sondages Tor 1, Tor 2 et Tor 5. La minéralisation est essentiellement à blende, galène, pyrite et chalcopryrite (cf. documents 3, 4 et 5, hors texte).

## II - LES ANOMALIES GÉOCHIMIQUES

La prospection stratégique réalisée sur l'ensemble de la Bretagne centrale a mis en évidence de nombreuses anomalies géochimiques situées sur les bordures du bassin de Château-lin. Ces zones anomales ont fait l'objet comme sur le secteur de Gouézec - St Thoïs, Menez - Albot d'une prospection tactique "sols" pour le zinc, le plomb, le cuivre et l'argent à la maille de 100 x 50 m. Les données obtenues au cours de cette prospection tactique ont été reportées sur les plans cadastraux, à l'échelle 1/2500 permettant ainsi de tracer les courbes isanomales de valeurs en Pb, Zn, Cu exprimées en p.p.m. Les teneurs de coupure ont été choisies ainsi pour le zinc 100 et 200 ppm, pour le cuivre 30 et 35 ppm, pour le plomb 50, 75 et 200 ppm ont été choisis comme valeurs limites. Ces isanomales permettent de préciser l'organisation des zones anomales sur le secteur de Gouézec - St Thoïs (fig. 48, 49 et 50). On peut faire les remarques suivantes :

- Sur le secteur de Gouézec l'ensemble des anomalies s'oriente suivant un axe EW. Les anomalies principales en zinc se concentrent autour du village de Gouézec. A l'Ouest de cette zone une anomalie en Pb apparaît orientée NS (concentration de ce métal dans une zone tectonisée).
- Sur le secteur de St Thoïs les anomalies sont orientées N 70.
- Sur le secteur de Menez Albot une anomalie longue de 5 km est mise en évidence suivant une direction WSW - ENE (Lagleize, 1981).

Si on superpose la carte géologique (document 8, hors texte) à ces cartes d'anomalies, on peut noter que :

- Toutes les anomalies observées (Pb, Zn, Cu) sur le secteur de Gouézec - St Thoïs sont situées

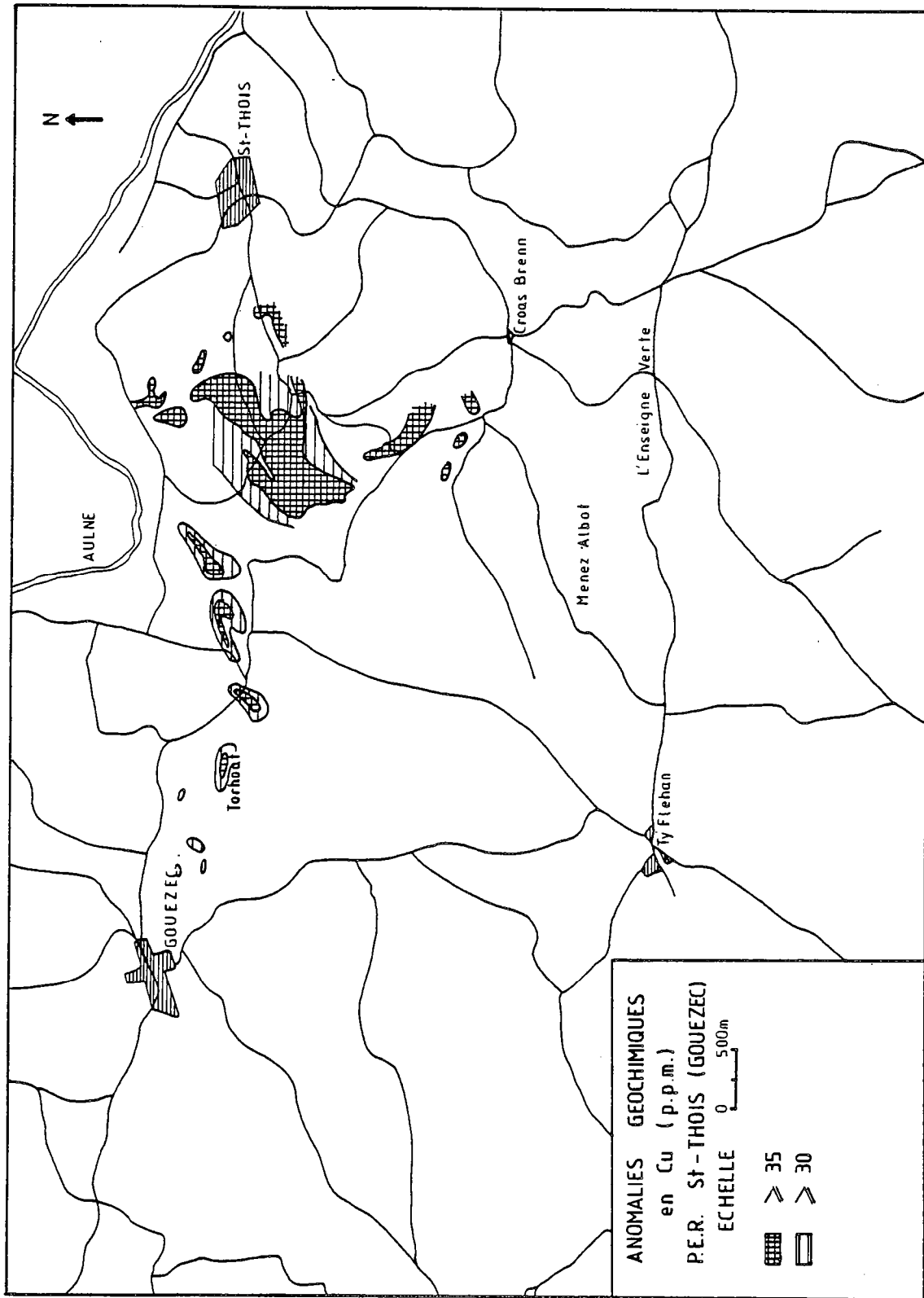


Figure 49. - Carte d'anomalies géochimiques en Cu (ppm) sur le secteur de Gouezec - St Thois (d'après données B.R.G.M.).

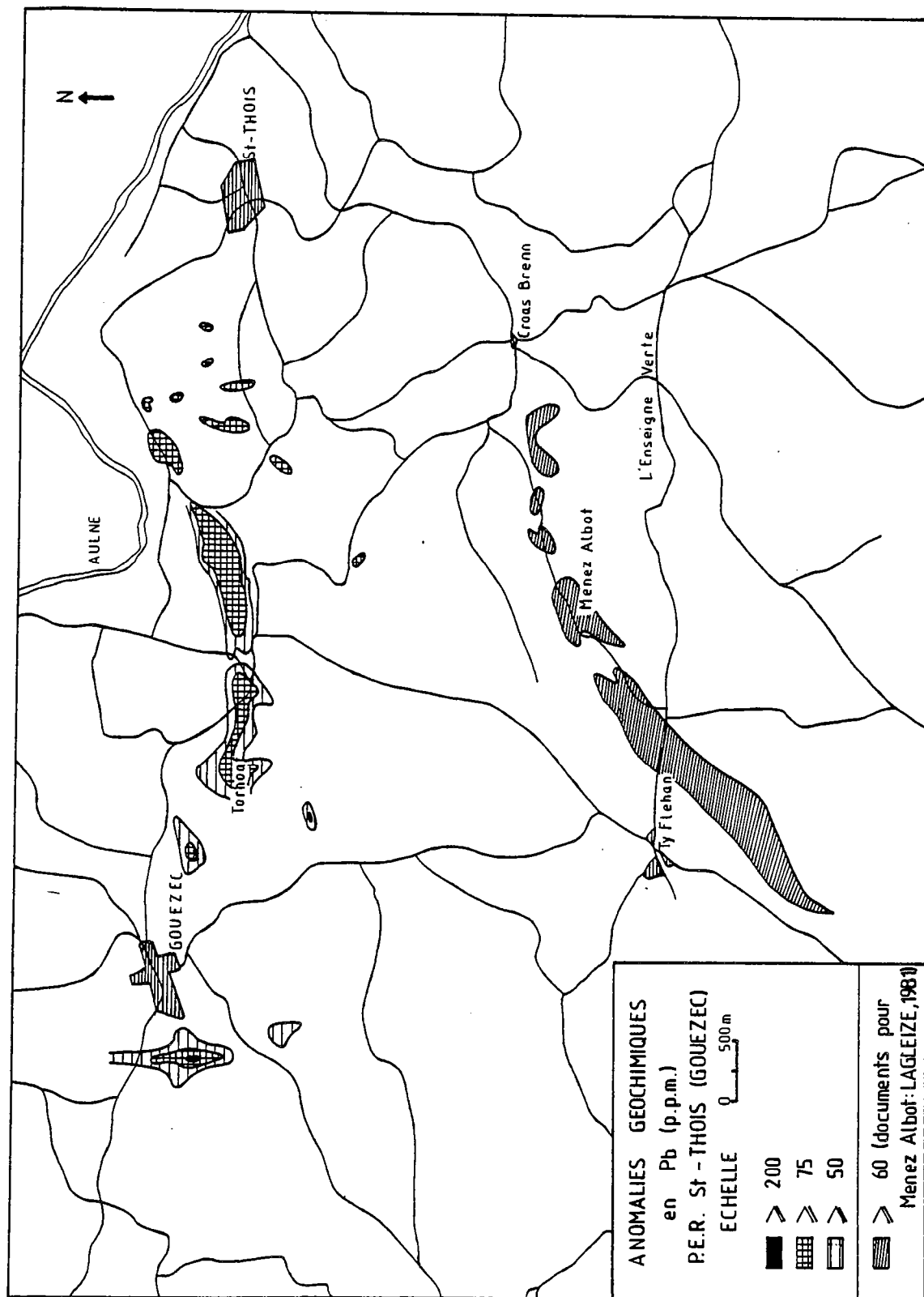


Figure 50. - Carte d'anomalies géochimiques en Pb (ppm) sur le secteur de Gouézec - St Thois - Menez-Albot (d'après données B.R.G.M.).

à la limite des formations IV et VI.

- Les anomalies en plomb dessinent une large boucle qui correspond à la structure plissée observée sur le secteur de Gouézec (cf. quatrième partie).
- Les anomalies Cu-Zn situées sur St Thoïs correspondent aux roches basiques de la formation V.

L'image géochimique anormale en prospection tactique de la minéralisation qui s'étend sur le secteur de Gouézec - St Thoïs, correspond aux observations effectuées dans les sondages.

### III - LES FORMES DE LA MINERALISATION

#### III - 1 - MORPHOLOGIE DES PASSEES MINERALISEES DE LA FORMATION IV

Cette formation est essentiellement d'origine sédimentaire et est composée de schistes et de Quartzites. Les passées minéralisées s'intercalent dans ceux-ci. La minéralisation est observée dans les sondages Tor 2 (entre les côtes 178 et 199 m) et Tor 3 (entre 140,80 m et 188,10, fin du sondage).

On distingue trois types morphologiques de minéralisation dans la formation IV :

- une minéralisation dissiminée qui se présente sous la forme de grains sulfurés ponctuent la roche. La teneur globale en Pb, Zn, Cu peut atteindre 3,64% (Tor 3 158, 159 m) (photo 33, pl. VIII).
- une minéralisation stratiforme en lits fins millimétriques à pluricentimétriques composée de sulfures qui apparaissent dans une gangue essentiellement quartzo-chloriteuse (photo 34, pl. VIII).
- une minéralisation en veinules sécantes d'épaisseur millimétriques à pluricentimétriques. Certaines de ces fractures paraissent antérieures à la première phase de déformation qui les affecte. Les sulfures sont inclus dans une gangue quartzo-carbonatée.

Dans cette formation IV on observe un faciès hydrothermal de type chloritite recoupé dans les sondages Tor 2 et Tor 3. Dans le sondage Tor 2 les chloritites renferment un niveau minéralisé de type stockwerk comportant de nombreux oxydes mais également des sulfures tels que de la pyrite et de la blende.

#### III - 2 - MORPHOLOGIE DES PASSEES MINERALISEES DANS LA FORMATION VI

Dans cette formation la minéralisation a un caractère submassif à dominante de blende lorsqu'elle est associée au faciès volcanique et à pyrite lorsqu'elle est associée au faciès hydrothermal.

Dans le premier faciès elle apparaît stratiforme submassive sur plus d'un mètre d'épaisseur et à ponctuations centimétrique de blende. Le niveau minéralisé peut atteindre des teneurs supérieures à 25% en Pb, Zn, Cu.

Dans le deuxième faciès, la minéralisation se présente sous la forme d'un stockwerk

Dans les schistes noirs, où sont interstratifiées les volcanites, on observe une légère minéralisation dissiminée.

| Sondage           |  | TOR 1       |             |              |             |              |
|-------------------|--|-------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| Cote              |  | 93,20       | 93,40       | 93,80a       | 93,80b      | 149,50       |
| N° Section        |  | SP<br>45144 | SP<br>45142 | TOR<br>39207 | SP<br>45143 | TOR<br>39208 |
| Pyrite            | FeS <sub>2</sub>   | XX          | XX          | XX           | XXX         | XXX          |
| Blende            | ZnS  | XXX         | XXX         | XXX          | XXX         |              |
| Galène            | PbS  | XXX         | XX          | XXX          | XX          |              |
| Chalcopryrite     | CuFeS <sub>2</sub>   | XX          | XX          | XX           | XX          |              |
| Pyrrhotite        | Fe <sub>1-x</sub> S  |             |             |              |             |              |
| Marcasite         | FeS <sub>2</sub>   |             |             |              |             |              |
| Mispickel         | FeAsS  |             |             |              |             |              |
| Cobaltite         | CoAsS  |             |             |              |             |              |
| Gersdorffite      | NiAsS  |             |             |              |             |              |
| Covellite         | CuS  |             | X           |              |             |              |
| Cuivre gris       | Cu <sub>12</sub> As <sub>4</sub> Sb <sub>4</sub> S <sub>13</sub> | X           | X           |              |             |              |
| Digénite          | Cu <sub>9</sub> S <sub>5</sub>                                   |             |             |              |             |              |
| Goethite          | FeOOH  |             |             |              |             |              |
| Lepidocrocite     | FeOOH  |             |             |              |             |              |
| Graphite          |  |             |             |              |             |              |
| Quartz            |  |             | P           |              | P           |              |
| Phyllites         |  |             | P           | P            | P           |              |
| Carbonates        |  | P           | P           |              |             | P            |
| Produits titanés  |  |             |             |              |             | P            |
| Matière organique |  |             |             |              |             |              |

Tableau 19. - Paragenèse de la minéralisation observée dans le sondage Tor 1.

XXX : minéraux principaux très fréquents

XX : minéraux fréquents

X : minéraux accessoires

P : présent

| Sondage           |   | TOR 2        |              |              |              |              |
|-------------------|---|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Cote              |   | 55,60        | 189,15       | 242,60       | 242,80       | 415,80       |
| N° Section        |   | TOR<br>41952 | TOR<br>44618 | TOR<br>44619 | TOR<br>41953 | TOR<br>41954 |
| Pyrite            | FeS <sub>2</sub>  | XXX          | XXX          | XXX          | XXX          | XXX          |
| Blende            | ZnS   | X            |              | X            | XXX          | X            |
| Galène            | PbS   | XXX          |              |              | X            |              |
| Chalcopyrite      | CuFeS <sub>2</sub>  | X            | X            |              | XX           | X            |
| Pyrrhotite        | Fe <sub>1-x</sub> S   |              | XX           | X            |              |              |
| Marcasite         | FeS <sub>2</sub>  |              |              |              |              |              |
| Mispickel         | FeAsS   |              |              |              |              |              |
| Cobaltite         | CoAsS   |              |              |              |              |              |
| Gersdorffite      | NiAsS   |              |              |              |              |              |
| Covellite         | CuS   |              |              |              |              |              |
| Cuivre gris       | Cu <sub>12</sub> As <sub>4</sub> S <sub>13</sub><br>Sb <sub>4</sub> |              |              |              |              |              |
| Digenite          | Cu <sub>9</sub> S <sub>5</sub>                                      |              |              |              |              |              |
| Goethite          | FeOOH   | XX           |              |              |              |              |
| Lepidocrocite     | FeOOH   | XX           |              |              |              |              |
| Graphite          |   |              | P            |              |              | P            |
| Quartz            |   | P            |              |              |              |              |
| Phyllites         |   |              |              | P            | P            |              |
| Carbonates        |   |              |              | P            | P            | P            |
| Produits titanés  |   | P            | P            | P            | P            | P            |
| Matière organique |   |              | P            |              |              |              |

Tableau 20. - Paragenèse de la minéralisation observée dans le sondage Tor 2.

| Sondage           |  | Tor 3    |          |         |         |         |         |         |  |
|-------------------|--|----------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|--|
| Cote              |  | 140, 80a | 140, 80b | 150, 90 | 152, 70 | 158, 40 | 158, 85 | 172, 75 |  |
| N° Section        |  | TOR      | TOR      | TOR     | TOR     | TOR     | TOR     | TOR     |  |
|                   |  | 44614    | 44615    | 44616   | 44617   | 41955   | 41956   | 41957   |  |
| Pyrite            | FeS <sub>2</sub>                                 | XXX      | XX       | XX      | XX      | XXX     | XXX     | XXX     |  |
| Blende            | ZnS  | XXX      | XXX      | XXX     | XXX     | XXX     | XXX     | XXX     |  |
| Galène            | PbS  | XX       | XXX      | XXX     | XXX     | X       | X       | XX      |  |
| Chalcopryrite     | CuFeS <sub>2</sub>                               | XX       | XX       | XX      | XXX     | XX      | XXX     | XX      |  |
| Pyrrhotite        | Fe <sub>1-x</sub> S                              | X        |          |         | X       | XX      | XX      | X       |  |
| Marcasite         | FeS <sub>2</sub>                                 |          |          |         |         | X       |         | X       |  |
| Mispickel         | FeAsS  | X        |          |         |         |         |         |         |  |
| Cobaltite         | CoAsS  |          | X        |         | X       | X       | X       |         |  |
| Gersdorffite      | NiAsS  |          |          |         | X       |         |         |         |  |
| Covellite         | CuS As <sub>4</sub>                              |          |          |         | X       |         |         |         |  |
| Cuivre gris       | Cu <sub>12</sub> Sb <sub>4</sub> S <sub>13</sub> |          |          |         |         |         |         |         |  |
| Digenite          | Cu <sub>9</sub> S <sub>5</sub>                   | X        |          |         |         |         |         |         |  |
| Goethite          | FeOOH  |          |          |         |         |         |         |         |  |
| Lepidocrocite     | FeOOH  |          |          |         |         |         |         |         |  |
| Graphite          |  |          |          |         | P       |         | P       | P       |  |
| Quartz            |  | P        | P        | P       | P       | P       | P       | P       |  |
| Phyllites         |  | P        | P        | P       | P       | P       | P       | P       |  |
| Carbonates        |  | P        | P        | P       |         |         |         | P       |  |
| Produits titanés  |  |          |          |         |         |         |         |         |  |
| Matière organique |  |          | P        |         | P       | P       | P       | P       |  |

Tableau 21. - Paragenèse de la minéralisation observée dans le sondage Tor 3.



#### IV - MINÉRALOGIE

La minéralisation observée dans les sondages implantés sur le secteur de Gouézec - St Thoïs présente une paragenèse assez simple à blende, galène, chalcoppyrite, pyrite et pyrrhotite. Les minéraux accessoires sont peu nombreux et la plupart d'entre-eux ont été observés en inclusions très fines par P. Picot et C. Laforêt (rapports B.R.G.M., documents inédits).

##### IV - 1 - LES ASSOCIATIONS MINÉRALOGIQUES PRINCIPALES

Les principales paragenèses observées sont regroupées par sondage (Tableaux 19, 20 et 21).

Dans la formation IV, 9 sections polies ont été réalisées par le B.R.G.M.

Tor 3 140,80 (a et b) - 150,90 - 152,70 - 158,40 - 158,85 - 172,65

Tor 2 55,20 - 189,15

L'étude des résultats (tableaux 20 et 21) montre que la paragenèse est à dominante de pyrite, de blende, de galène et de chalcoppyrite. A ces minéraux principaux sont associés de la pyrrhotite, de la marcasite, des sulfo-arséniures tels que le mispickel, la colbatite et la gersdorffite, des minéraux de cuivre tels que la digénite et la covellite ainsi que des cuivres gris. Les minéraux de gangue sont essentiellement représentés par des phyllites (chlorite principalement) et du quartz. On observe parfois des carbonates (ankérite), du graphite et des produits titanés.

Dans la formation VI, 4 sections polies ont été réalisés dans le minerai associé aux volcanites, aux cotes suivantes :

Tor 1 93,20 - 93,40 - 93,80 (a et b)

Les paragenèses de ces niveaux minéralisés sont présentées dans le tableau 19. On peut noter que l'assemblage minéralogique est plus simple que précédemment. Il est à blende dominante, galène et chalcoppyrite ; la pyrite a un caractère nettement secondaire. On observe peu de minéraux accessoires : des cuivres gris et de la covellite uniquement. Le quartz, la chlorite ou la dolomie sont les minéraux de gangue qui accompagnent les sulfures. Dans le faciès hydrothermal 3 sections polies ont été réalisées (tableaux 19 et 20) :

Tor 1 149,50

Tor 2 242,60 - 242,80

} niveaux considérés équivalents (cf. document 2, hors texte)

La paragenèse est essentiellement pyriteuse. Les minéraux de la gangue comprend des carbonates, de la chlorite et des produits titanés.

##### IV - 2 - MINÉRALOGIE, TEXTURE ET SUCCESSION DES ASSOCIATIONS MINÉRALISÉES OBSERVÉES

###### IV - 2 - 1 - LA MINÉRALISATION OBSERVÉE DANS LA FORMATION IV

Cette minéralisation apparaît principalement dissiminée dans des schistes et des quartzites en lits concordants avec la stratification ou en veinules sécantes.

Les sections polies ont été réalisées dans ces deux dernières formes de passées minéralisées. Quelques unes, représentatives, vont être décrites.

## IV- 2- 1- 1- La minéralisation en lit concordant

- Tor 3 158,40 (section 41955)

Le minerai apparaît stratifié et lité se subdivisant en un niveau à pyrite dominante et un niveau à blende dominante (fig. 51).

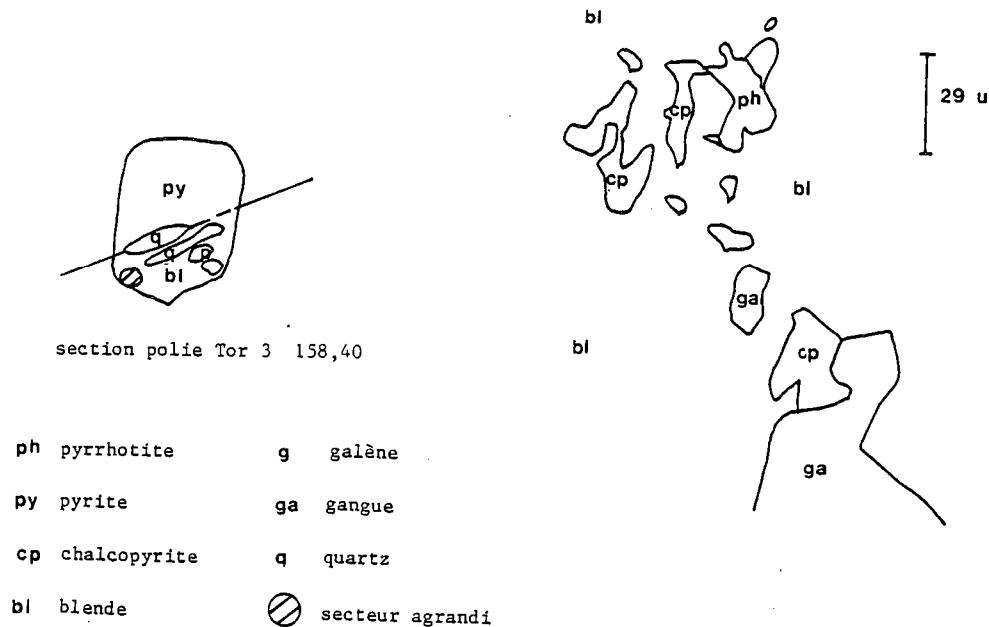


Figure 51. - Morphologie et association minérale du niveau Tor 3 158,40.

- Le lit à pyrite

La pyrite apparaît subautomorphe parfois zonée. Elle comporte de petites inclusions de blende et de chalcopyrite. Ces dernières espèces métalliques sont présentes dans la gangue quartzo-phyliteuse et sur les bords des cristaux de pyrite.

- Le lit à blende

Il est composé de très belles plages de blende comportant des exsolutions de chalcopyrite à inclusions de pyrrhotite (fig. 51 et photo. 35, pl. VIII). On observe également de la galène. de la marcasite (transformation de pyrrhotite). Dans la blende, Picot (1983) note de fines inclusions automorphes de gersdorffite et de cobaltites ainsi que de rares traces de mackinawite au contact de la chalcopyrite et de la pyrrhotite. On observe au sein du lit à blende dominante de vastes plages de chalcopyrite (fig. 51).

A la suite de ces observations nous pouvons établir la succession chronologique suivante :

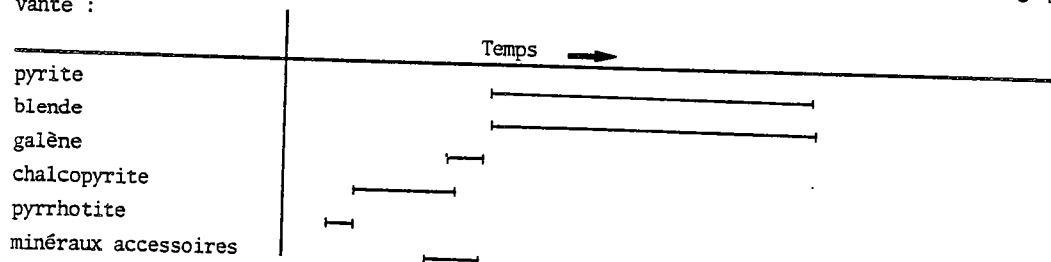


Tableau 22. - Chronologie de la minéralisation observée dans Tor 3 158,40

La galène, la pyrrhotite, les minéraux accessoires et la chalcopryrite apparaissent précoces par rapport à la pyrite et à la blende qui cristallisent secondairement formant le minéral principal.

- Tor 3 158,85

Le minéral apparaît stratifié à lits dominants de blende et de pyrite (fig. 52).

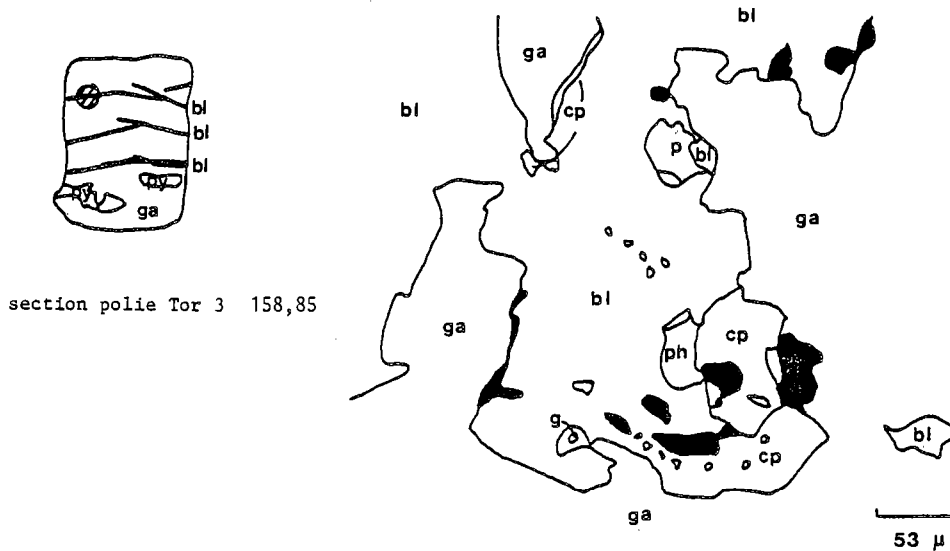


Figure 52. - Morphologie et association minérale du niveau Tor 3 158,85.

Les cristaux de pyrite sont déchiquetés et zonés. Le minéral lité à blende contient en inclusions de la galène, et de la pyrrhotite. La chalcopryrite se présente sous la forme d'exsolution. Picot (1983) observe des cristaux automorphes de cobaltite inclus dans la blende. De nombreuses "mouches" du galène, de blende, de chalcopryrite et des pyrites sont présentes dans la gangue quartzo-phyliteuse. Des exsolutions de blende sont observées dans le lit à pyrite.

La succession chronologique est la suivante :

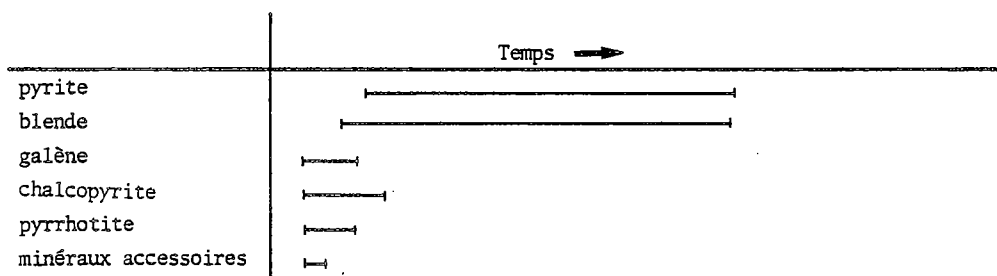
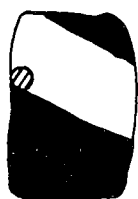


Tableau 23. - Chronologie de la minéralisation observée dans Tor 3 158,85.

IV - 2 - 1 - 2 - La minéralisation dans les veinules sécantes  
 - Tor 3 172,65 (section 41957)

La veinule minéralisée d'une largeur d'un centimètre environ est sécante sur la stratification des quartzites encaissants (fig. 53).



section polie Tor 3 172,65

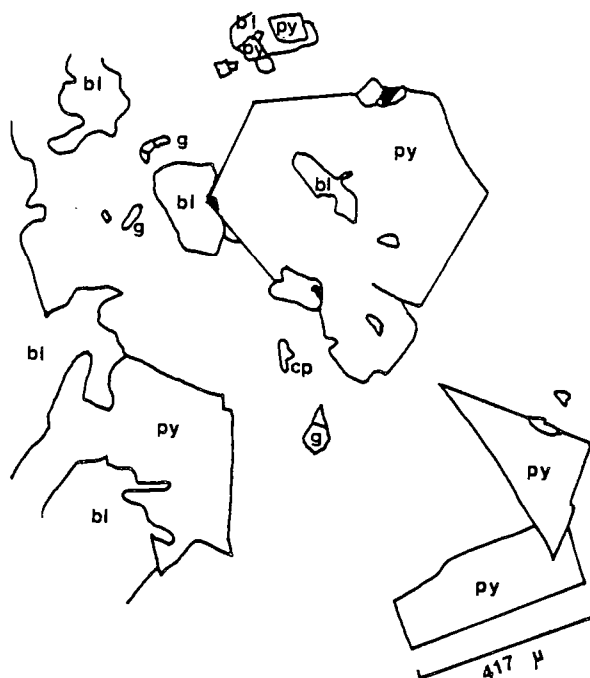


Figure 53. - Morphologie et association minérale du niveau Tor 3 172,65.

La minéralisation correspond à une association de pyrite automorphe (photo. 36, pl. VIII) et de blende fréquente. On observe de très beaux cristaux de pyrite et de galène qui peuvent atteindre une taille de 1,7 mm. La marcasite est souvent présente et correspond à un remplacement d'anciennes pyrrhotites (Picot, 1977). Dans le quartzite on observe de nombreuses ponctuations de pyrite, de galène et de chalcopryrite correspondant à la minéralisation dissimulée dans cette formation IV. De ces observations on peut déduire cette chronologie :

|                      | Temps → |
|----------------------|---------|
| pyrite               | —————   |
| blende               | —————   |
| galène               | —————   |
| chalcopryrite        | —————   |
| pyrrhotite           | —————   |
| marcasite            | —————   |
| minéraux accessoires | —————   |

Tableau 24. - Chronologie de la minéralisation observée dans Tor 172,65

On observe la même paragenèse et la même chronologie que dans les section étudiées précédemment.

## IV - 2 - 1 - 3 - Conclusion

Dans la formation IV la minéralisation apparaît à pyrite et blende principalement, quelques minéraux accessoires sont observés ainsi que des espèces métalliques dues à la transformation de minéraux plus précoces. La pyrite et la blende apparaissent en même temps (avec une légère antériorité de la blende parfois).

## IV - 2 - LA MINÉRALISATION OBSERVÉE DANS LA FORMATION VI

La minéralisation se présente au sein de volcanites ou liée à un faciès hydrothermal.

## IV - 2 - 2 - 1 - LA MINÉRALISATION SITUÉE DANS LE FACIÈS VOLCANIQUE

Elle a un caractère submassif, stratiforme, à blende dominante. Elle est présente dans le sondage Tor 1 entre les cotes 93 et 94 m. La minéralisation apparaît en ponctuation centimétrique.

Les sections polies ont été réalisées par le B.R.G.M. dans ce niveau minéralisé (Tableau 19).

- Tor 1 93,40 m

Le litage du niveau minéralisé est souligné par la présence de plages pyriteuses plurimillimétriques, intercalées entre des assemblages plus ou moins compact de blende (qui forment les ponctuations observées à l'œil nu sur la carotte du sondage). Les assemblages de blende apparaissent morcelés et liés entre eux par les produits phylliteux accompagnés de pyrite abondante (photo. 37, pl. VIII).

Les cristaux de blende sont plurimillimétriques et xénomorphes. La chalcoppyrite borde souvent ceux-ci, associée à la galène ; elle se présente en exsolutions orientées suivant des plans parallèles (photo 38, pl. VIII).

Laforêt (1984) a observé des traces de cuivres gris dans la galène.

En lumière polarisée la blende présente de nombreuses réflexions internes, la galène est anisotrope (galène impure ?).

La pyrite se présente dans les produits phylliteux qui constituent la gangue (abondants et de taille variable. Les cristaux de pyrite montrent une croissance zonaire caractérisée le long des clivages, par des remplacements de galène .

La succession chronologique de la minéralisation de Tor 1 93,40 est la suivante :

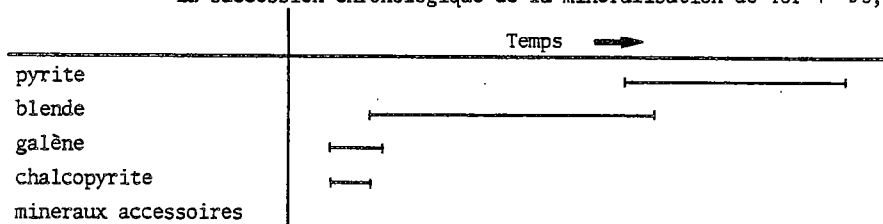


Tableau 25. - Chronologie de la minéralisation de Tor 1 93,40.

La pyrite dans cette passée minéralisée possède des caractères de cristallisation secondaire.

IV - 2 - 2 - 2 - LA MINÉRALISATION SITUÉE DANS LE FACIES HYDROTHERMAL CARBONATE  
(Tor 2 242,60, Tor 2 242,80 et Tor 1 149,50)

La minéralisation est presque uniquement pyriteuse. Les cristaux de pyrite subautomorphes à automorphes sont présents dans une gangue phylliteuse (cf. première partie, IV. 3. 1.1.). La pyrite renferme quelques inclusions de blende et de galène. Le sulfure de fer présente des zones de croissance (photo 39, pl. IX). La pyrite est de type stockwerk (Lecolle, communication orale). Dans Tor 2 242,80 la blende cristallise sous la forme de larges plages plurimillimétriques.

La pyrite apparaît très secondaire par rapport aux autres espèces.

IV - 2 - 3 - CONCLUSION

Les deux types de minéralisations se différencient par :

- le nombre plus important de minéraux accessoires dans la formation IV
- les rapports blende-pyrite :
  - dans la formation IV, elles sont contemporaines
  - dans la formation VI, la pyrite apparaît après la blende.

## V - LA GEOCHIMIE

Depuis quelques années, l'apport de la géochimie à la compréhension des gisements a permis en outre de relier la composition chimique des minéraux aux conditions de température et de pression aux sites de dépôts :

- Dans certaines conditions la blende peut servir de géothermomètre et de géobaromètre (Scott et Barnes, 1971)
- Le rapport Co/Ni dans la pyrite peut résoudre le problème du site de dépôt (Bralia et al., 1979)
- La présence d'éléments traces peut servir à déterminer l'origine de la minéralisation (Botinelly, 1985).

Des analyses à la microsonde ont été réalisées à la microsonde CAMEBAX (microsonde Ouest Brest ; analyste M. Bohn), en faisceau focalisé, sur les espèces formant les passées minéralisées.

Des analyses microsondes ont été réalisées à la microsonde CAMEBAX (microsonde Ouest Brest ; analyste M. Bohn), en faisceau focalisé, sur les espèces formant les passées minéralisées.

Une cinquantaine d'analyses ponctuelles a été effectuée. Les éléments recherchés sont le fer, le soufre, le cuivre, le zinc, le cobalt, le nickel, l'argent et le sélénium ; le plomb n'a pas été dosé.

### V - 1 - LES RESULTATS D'ANALYSE

Dans la formation IV l'étude a été réalisée sur deux niveaux :

- le premier est inclu dans le passage hydrothermal de type chloritite. Il se présente sous la forme d'un stockwerk à pyrite, blende et oxydes.

Un cristal de pyrite et un de blende ont été analysés (fig. 54 et tableau 26).

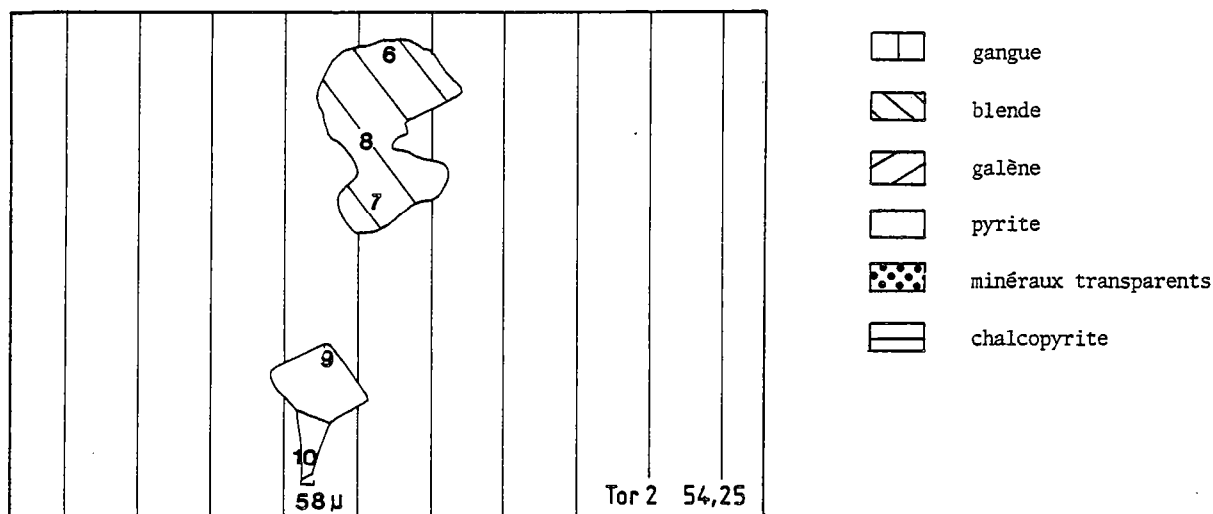


Figure 54. - Tor 2 54,25 cristaux de pyrite et de blende dans chloritite.

| N° ECHANTILLON | Tor2 54,25 |        |       |       |       |        |       |        |        |        |
|----------------|------------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|
| N° ANALYSE     | 6a         | 6b     | 7a    | 7b    | 8a    | 8b     | 9a    | 9b     | 10a    | 10b    |
| Fe             | 5.15       | 0.090  | 5.16  | 0.090 | 4.88  | 0.087  | 47.39 | 0.846  | 47.63  | 0.850  |
| S              | 31.54      | 0.985  | 33.97 | 1.060 | 33.54 | 1.048  | 52.54 | 1.642  | 53.42  | 1.669  |
| Cu             | 0          | 0      | 0     | 0     | 0     | 0      | 0     | 0      | 0      | 0      |
| Zn             | 59.80      | 0.914  | 60.79 | 0.930 | 59.50 | 0.910  | 0     | 0      | 0      | 0      |
| Co             | 0.03       | 0.0005 | 0.07  | 0.004 | 0.02  | 0.0003 | 0.02  | 0.0003 | 0.02   | 0.0003 |
| Ni             | 0          | 0      | 0     | 0     | 0     | 0      | 0     | 0      | 0      | 0      |
| Ag             | 0          | 0      | 0     | 0     | 0     | 0      | 0     | 0      | 0      | 0      |
| Se             | 0          | 0      | 0     | 0     | 0     | 0      | 0     | 0      | 0      | 0      |
| Total          | 99.52      | -      | 99.99 | -     | 97.94 | -      | 99.95 | -      | 101.06 | -      |

Tableau 26. - Composition chimique (a) et composition atomique (b) du cristal de pyrite (9 et 10) et du cristal de blende (6, 7, 8).

La blende contient jusqu'à 5,16% de fer et 0,07% de cobalt. La pyrite est pratiquement "sèche".

Dans le faciès sédimentaire à minéralisation dessiminée seule de la pyrite a été analysée (tableau 27 et fig. 55).

| N° ECHANTILLON | TOR 2 188,20 |       |        |       |        |       |        |       |       |        |       |        |       |        |
|----------------|--------------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| N° ANALYSE     | 11a          | 11b   | 12a    | 12b   | 13a    | 13b   | 14a    | 14b   | 15a   | 15b    | 16a   | 16b    | 17a   | 17b    |
| Fe             | 0.43         | 0.007 | 47.54  | 0.851 | 47.75  | 0.855 | 47.35  | 0.848 | 46.62 | 0.834  | 47.28 | 0.846  | 46.74 | 0.837  |
| S              | 0.13         | 0.004 | 52.67  | 1.645 | 53.00  | 1.656 | 53.10  | 1.659 | 50.55 | 1.736  | 50.92 | 1.591  | 51.32 | 1.603  |
| Cu             | 0            | 0     | 0      | 0     | 0      | 0     | 0      | 0     | 0     | 0      | 0     | 0      | 0     | 0      |
| Zn             | 0            | 0     | 0      | 0     | 0      | 0     | 0      | 0     | 0     | 0      | 0.06  | 0.0009 | 0     | 0      |
| Co             | 0            | 0     | 0      | 0     | 0      | 0     | 0      | 0     | 0.07  | 0.0012 | 0     | 0      | 0.07  | 0.0012 |
| Ni             | 0            | 0     | 0      | 0     | 0      | 0     | 0      | 0     | 0     | 0      | 0     | 0      | 0     | 0      |
| Ag             | 0            | 0     | 0      | 0     | 0      | 0     | 0      | 0     | 0     | 0      | 0     | 0      | 0     | 0      |
| Se             | 0            | 0     | 0      | 0     | 0      | 0     | 0      | 0     | 0     | 0      | 0     | 0      | 0     | 0      |
| Total          | 0.56         | -     | 100.21 | -     | 100.75 | -     | 100.45 | -     | 97.24 | -      | 98.26 | -      | 98.13 | -      |

Tableau 27. - Composition chimique (a) et atomique (b) des pyrites situées dans l'échantillon Tor 2 188,20.

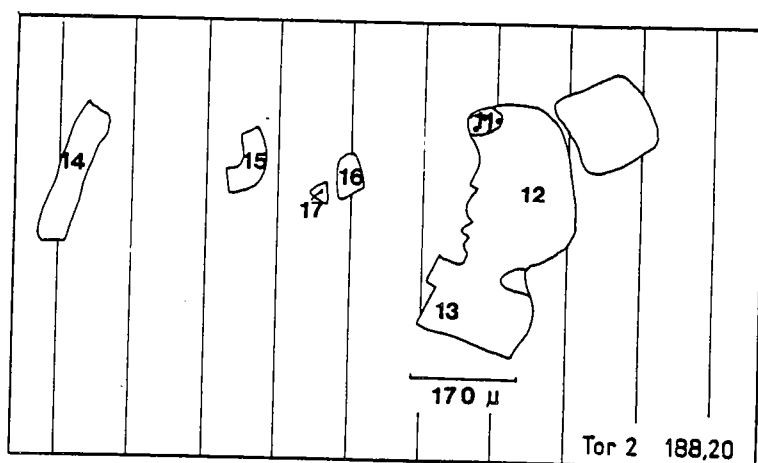


Figure 55. - Tor 2 188,20 cristaux de pyrite (légende fig. 54).

Les pyrites sont "sèches" en général. Les pyrites 15 et 17 sont légèrement cobaltifère, la 16 contient 0,06% de zinc.

Dans la formation VI les analyses n'ont pas pu être réalisées aux mêmes cotes de profondeur que les sections polies, le matériel n'étant plus disponible pour la préparation des lames polies (obligation de laisser un témoin dans le sondage carotté).

Les échantillons ont été prélevés à proximité ou dans les niveaux minéralisés. Dans les volcanites deux lames polies ont été réalisées Tor 1 75,30 et Tor 1 103,10. La première ne présente que de la pyrite et des oxydes, la seconde de la pyrite de la blende et de la chalcoppyrite (fig. 56 et tableau 28 ; fig. 57 et tableau 29).

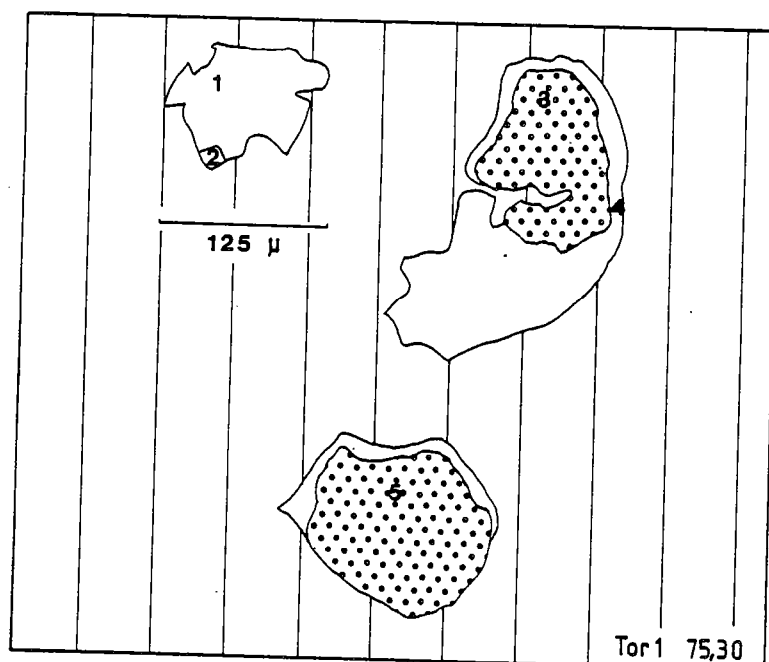


Figure 56. - Position des points d'analyse : Tor 1 75,30 : cristaux de pyrite.



| N° ECHANTILLON | TOR 1 75,30 |       |       |        |       |       |       |        |       |       |
|----------------|-------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
| N° ANALYSE     | 1a          | 1b    | 2a    | 2b     | 3a    | 3b    | 4a    | 4b     | 5a    | 5b    |
| Fe             | 47.60       | 0.850 | 46.00 | 0.821  | 0.91  | 0.016 | 47.48 | 0.847  | 6.73  | 0.120 |
| S              | 53.01       | 1.656 | 51.66 | 1.611  | 0.09  | 0.003 | 52.20 | 1.631  | 7.61  | 0.238 |
| Cu             | 0           | 0     | 0     | 0      | 0     | 0     | 0     | 0      | 0     | 0     |
| Zn             | 0           | 0     | 0     | 0      | 0     | 0     | 0     | 0      | 0     | 0     |
| Co             | 0           | 0     | 0.04  | 0.0007 | 0     | 0     | 0.03  | 0.0007 | 0     | 0     |
| Ni             | 0           | 0     | 0     | 0      | 0     | 0     | 0     | 0      | 0     | 0     |
| Ag             | 0           | 0     | 0     | 0      | 0     | 0     | 0     | 0      | 0     | 0     |
| Se             | 0           | 0     | 0     | 0      | 0     | 0     | 0     | 0      | 0     | 0     |
| Total          | 100.61      | -     | 97.70 | -      | 10.00 | -     | 99.71 | -      | 14.34 | -     |

Tableau 28. - Compositions chimique (a) et atomique (b) des pyrites du niveau Tor 1 75,30.

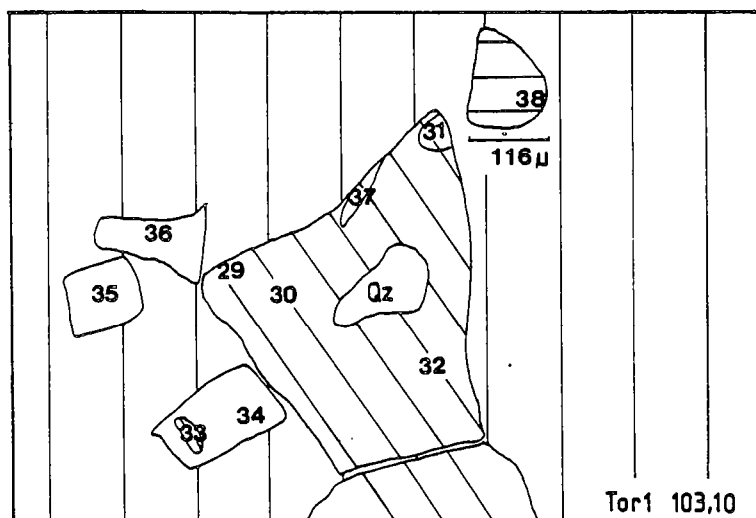


Figure 57. - Position des points d'analyse dans Tor 1 103,10.

| N° ECHANTILLON | TOR 1 103,10 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|----------------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| N° ANALYSE     | 29a          | 29b   | 30a   | 30b   | 31a   | 31b   | 32a   | 32b   | 33a   | 33b   | 34a   | 34b   | 35a   | 35b   |
| Fe             | 1.73         | 1.57  | 2.18  | 0.038 | 1.58  | 0.028 | 2.10  | 0.037 | 2.99  | 0.053 | 47.42 | 0.847 | 47.79 | 0.853 |
| S              | 31.73        | 0.991 | 31.64 | 0.988 | 31.99 | 0.999 | 32.59 | 1.018 | 33.12 | 1.035 | 51.65 | 1.616 | 50.86 | 1.589 |
| Cu             | 0.07         | 0.001 | 0     | 0     | 0.15  | 0.002 | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| Zn             | 62.52        | 0.956 | 63.26 | 0.968 | 62.66 | 0.955 | 61.84 | 0.940 | 61.36 | 0.939 | 0     | 0     | 0.01  | 0.01  |
| Co             | 0            | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0.02  | 0     | 0.01  | 0.01  |
| Ni             | 0            | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| Ag             | 0            | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| Se             | 0            | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| Total          | 96.05        | -     | 97.09 | -     | 96.38 | -     | 96.53 | -     | 97.47 | -     | 99.09 | -     | 99.67 | -     |

| N° ECHANTILLON | TOR 1 103,10 |       |       |       |       |       |       |       |       |        |       |        |
|----------------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|
| N° ANALYSE     | 36a          | 36b   | 37a   | 37b   | 38a   | 38b   | 39a   | 39b   | 40a   | 40b    | 41a   | 41b    |
| Fe             | 46.91        | 0.337 | 1.59  | 0.03  | 31.11 | 0.555 | 45.15 | 0.806 | 47.17 | 0.842  | 47.18 | 0.842  |
| S              | 51.34        | 1.500 | 32.17 | 1.005 | 33.44 | 1.045 | 33.50 | 1.047 | 50.88 | 1.590  | 51.04 | 1.595  |
| Cu             | 0            | 0     | 0.06  | 0.064 | 32.71 | 0.515 | 5.31  | 0.083 | 0.44  | 0.0069 | 0.18  | 0.0028 |
| Zn             | 0.27         | 0.004 | 63.01 | 48.27 | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0      | 0     | 0      |
| Co             | 0            | 0     | 0     | 0     | 0.01  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0      | 0     | 0      |
| Ni             | 0            | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0      | 0     | 0      |
| Ag             | 0            | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0      | 0     | 0      |
| Se             | 0            | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0      | 0     | 0      |
| Total          | 98.52        | -     | 96.83 | -     | 97.27 | -     | 83.96 | -     | 98.49 | -      | 98.40 | -      |

Tableau 29. - Compositions chimique (a) et atomique (b) des pyrites et blendes de Tor 1 103,10.

Les pyrites sont "sèches" parfois légèrement cobaltifère (2, 4), ou (et) zincifère (35, 36) ou cuprifère (40, 41). Les blendes sont également cuprifères et (ou) ferrifères (29, 30, 31, 32, 33, 37). La chalcoppyrite est légèrement cobaltifère (38).

Dans le faciès hydrothermal carbonaté deux échantillons ont été prélevés  
143,65 et Tor 2 247,50 :

- Tor 1 143,65

| N° ECHANTILLON | TOR 1 143, 65 |       |       |        |       |       |       |        |       |        |       |       |       |        |
|----------------|---------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|
| N° ANALYSE     | 42a           | 42b   | 43a   | 43b    | 44a   | 44b   | 45a   | 45b    | 46a   | 46b    | 47a   | 47b   | 48a   | 48b    |
| Fe             | 47.23         | 0.843 | 47.56 | 0.849  | 46.94 | 0.838 | 45.58 | 0.814  | 30.85 | 0.551  | 47.48 | 0.848 | 46.13 | 0.824  |
| S              | 51.10         | 1.597 | 51.14 | 1.597  | 50.45 | 1.576 | 48.98 | 1.530  | 32.61 | 1.019  | 51.12 | 1.597 | 50.87 | 1.590  |
| Cu             | 0             | 0     | 0     | 0      | 0     | 0     | 0.89  | 0.014  | 0     | 0      | 0.01  | 0.01  | 0     | 0      |
| Zn             | 0.01          | 0     | 0     | 0      | 0     | 0     | 0     | 0      | 0     | 0      | 0     | 0     | 0     | 0      |
| Co             | 0             | 0     | 0.04  | 0.0007 | 0.01  | 0     | 0.11  | 0.0018 | 0.04  | 0.0007 | 0     | 0     | 0.03  | 0.0005 |
| Ni             | 0             | 0     | 0     | 0      | 0     | 0     | 0     | 0      | 0     | 0      | 0     | 0     | 0.01  | 0      |
| Ag             | 0             | 0     | 0     | 0      | 0     | 0     | 0     | 0      | 0     | 0      | 0     | 0     | 0     | 0      |
| Se             | 0             | 0     | 0     | 0      | 0     | 0     | 0     | 0      | 0     | 0      | 0     | 0     | 0     | 0      |
| Total          | 98.33         | -     | 98.74 | -      | 97.40 | -     | 95.56 | -      | 63.50 | -      | 98.61 | -     | 97.04 | -      |

Tableau 30. - Composition chimique (a) et composition atomique (b) de pyrite situé dans le niveau Tor 1 143,65).

Dans Tor 1 143,65 on note que les pyrites "tardives" qui sont présentes dans la gangue chloriteuse liant les nombreux amas de dolomie (cf. première partie, IV. 3.1.1.), sont cobaltifères ou zincifères. Parfois elles contiennent du cuivre. Le point d'analyse 48 permet d'obtenir un rapport Co/Ni égal à 3 (Tableau 30).

Dans Tor 2 247,50 on a analysé un cristal de galène et de blende (fig. 58 et tabl. 31).

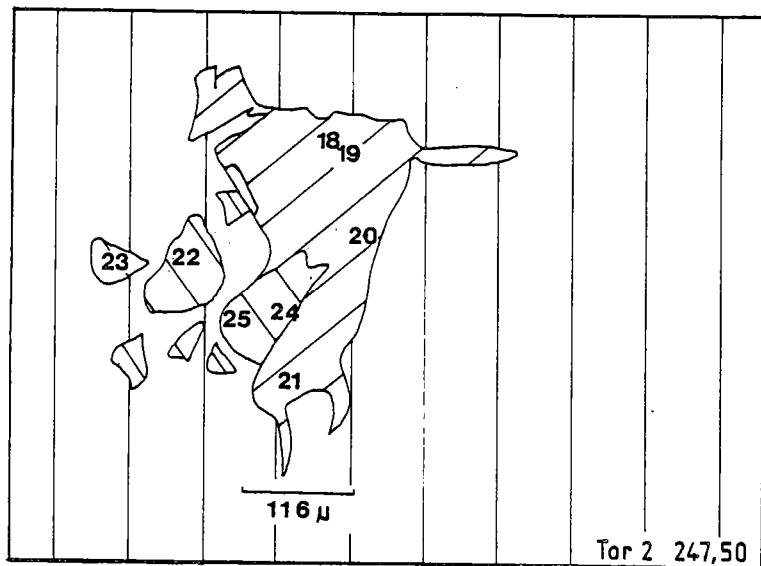


Figure 58. - Position des points d'analyse dans l'échantillon Tor 2 247,50.

| N° ECHANTILLON | TOR 2 247,50 |     |       |     |       |     |       |     |       |       |       |       |
|----------------|--------------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|-------|-------|-------|
| N° ANALYSE     | 18a          | 18b | 19a   | 19b | 20a   | 20b | 21a   | 21b | 22a   | 22b   | 23a   | 23b   |
| Fe             | 0            |     | 0     |     | 0     |     | 0     |     | 1.13  | 0.020 | 1.07  | 0.019 |
| S              | 22.55        |     | 23.35 |     | 22.93 |     | 23.97 |     | 32.35 | 1.011 | 31.86 | 0.996 |
| Cu             | 0            |     | 0     |     | 0     |     | 0     |     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| Zn             | 0            |     | 0     |     | 0     |     | 0     |     | 62.78 | 0.960 | 62.64 | 0.958 |
| Co             | 0            |     | 0     |     | 0     |     | 0     |     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| Ni             | 0            |     | 0     |     | 0.03  |     | 0     |     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| Ag             | 0            |     | 0     |     | 0     |     | 0     |     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| Se             | 4.55         |     | 4.25  |     | 4.17  |     | 4.05  |     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| Total          | 27.10        |     | 27.60 |     | 27.13 |     | 28.02 |     | 96.26 | -     | 95.54 | -     |

| N° ECHANTILLON | TOR 2 247,50 |        |       |        |       |       |       |       |       |       |
|----------------|--------------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| N° ANALYSE     | 24a          | 24b    | 25a   | 25b    | 26a   | 26b   | 27a   | 27b   | 28a   | 28b   |
| Fe             | 1.00         | 0.018  | 1.15  | 0.02   | 47.58 | 0.850 | 45.48 | 0.848 | 46.58 | 0.832 |
| S              | 32.33        | 1.010  | 32.21 | 1.006  | 50.49 | 1.578 | 50.32 | 1.572 | 51.26 | 1.602 |
| Cu             | 0.04         | 0.0006 | 0.04  | 0.0006 | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| Zn             | 62.41        | 0.955  | 64.11 | 0.981  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| Co             | 0            | 0      | 0     | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| Ni             | 0            | 0      | 0     | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| Ag             | 0            | 0      | 0     | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| Se             | 0            | 0      | 0     | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| Total          | 95.78        | -      | 97.51 | -      | 98.07 | -     | 96.00 | -     | 97.84 | -     |

Tableau 31. - Composition chimique (a) et composition atomique (b) de pyrites de blende et de galène situé dans le niveau Tor 2 247,50.

Les pyrites ne sont pas représentées dans la figure 58, elles sont secondaires par rapport à la blende. Les blendes sont légèrement ferrifères, les pyrites sont "sèches". Il est remarquable de noter que la galène peut renfermer jusqu'à 4,55% de sélénium.

#### IV - 2 - INTERPRETATION

La pyrite analysée dans la minéralisation de Gouézec - St Thois contient peu d'élément traces (quelques ppm de cobalt, de zinc ou de cuivre).

Un seul rapport Co/Ni a pu être déterminé dans l'échantillon Tor 1 143,65, au point d'analyse 48 (tableau 30)  $\text{Co/Ni} = 300 \text{ ppm}/100 \text{ ppm} = 3$ . Cette valeur unique ne permet pas l'utilisation du diagramme de Bralier et al. (1979).

Les blendes sont légèrement ferrifères. N'ayant pas observé la syncrystallisation de la blende, de la pyrite et de la pyrrhotite dans les échantillons analysés on ne peut pas appliquer les abaques pression - température de Scott et Barnes (1971).

La présence de sélénium dans les galènes de la formation VI pourrait expliquer l'anisotropie observée dans ce minéral en lumière polarisée réfléchie (IV. 2. 2. 1.), la présence de cet élément modifiant la structure cristalline.

#### IV - 3 - CONCLUSION

Dans le cadre de cette étude consacrée à l'environnement géologique de la minéralisation sulfurée, il n'a pas été possible de réaliser un grand nombre d'analyses sur les minéraux composant le minerai. Bien que les résultats en nombre insuffisant ne permettent aucune

interprétation générale il faut cependant noter qu'une étude géochimique approfondie permettrait de déterminer les conditions de mise en place des différents éléments de la minéralisation.

## VI - ESSAI DE CLASSIFICATION DES MINÉRALISATIONS DE GOUZEC - ST THOIS

L'étude de la minéralisation a montré que les deux niveaux minéralisés se différencient par leur forme, leur association minéralogique et dans leur composition chimique.

Le niveau minéralisé inférieur à blende et pyrite dominantes se présente soit sous forme dissiminée, soit sous forme litée. Le niveau minéralisé supérieur à blende dominante est encadrée par des volcanites. Il paraît stratiforme et submassif. Cette minéralisation semble associée à un niveau hydrothermal minéralisé de type stockwerk.

### V - 1 - CLASSIFICATION DES GISEMENTS DE TYPE AMAS SULFURES

La description de ces gisements à Pb, Zn, Cu a longtemps été négligé et les premières tentatives ont été réalisées au début des années 70 considérant leur intérêt économique pour les réserves mondiales en Pb, Zn, Cu et Ag. En 1975, H. Pelissonnier estimait par exemple qu'ils renfermaient 11,5% des réserves mondiales de Cu et J. J. Bache en 1980 que ces gisements contenaient 20% de l'or mondial.

La classification repose sur la nature de l'environnement du gisement qui se caractérise par la présence ou l'absence de volcanisme et par la nature de celui-ci.

D'autres paramètres discriminants sont venus s'ajouter à celui-ci :

- le cadre géotectonique (Garson et Mitchel, 1978 ; Nicolini, 1970 ; Klau et Large, 1980)
- la position paléogéographique
- l'âge des amas (Routhier, 1980 ; Large, 1980)
- la position des gisements par rapport aux provinces métallogéniques (Routhier, 1980).

Les amas sulfurés stratiformes à Cu, Pb, Zn les plus célèbres dans le monde sont les gisements de type Kuroko d'âge Miocène, liés à des volcanites acides à affinité calco-alcaline qui se sont mises en place sous faible tranche d'eau (Chiron, 1978).

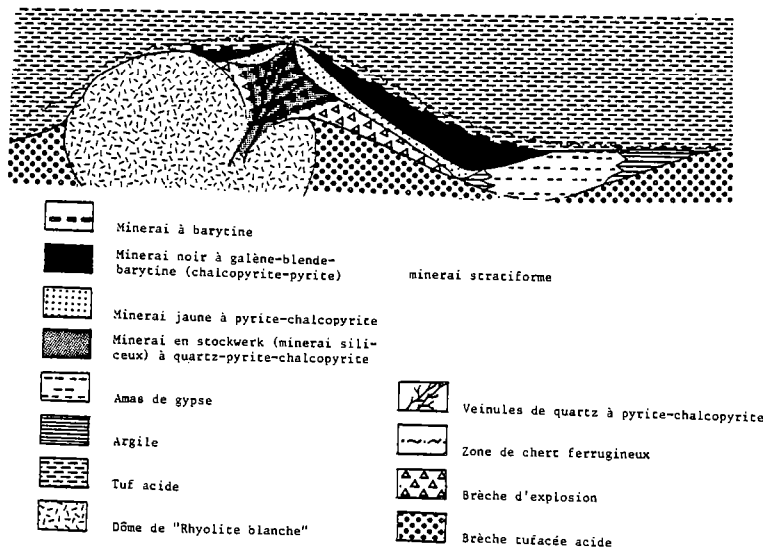


Figure 59. - Coupe schématisée à travers un gisement kuroko typique (Sato, 1974).

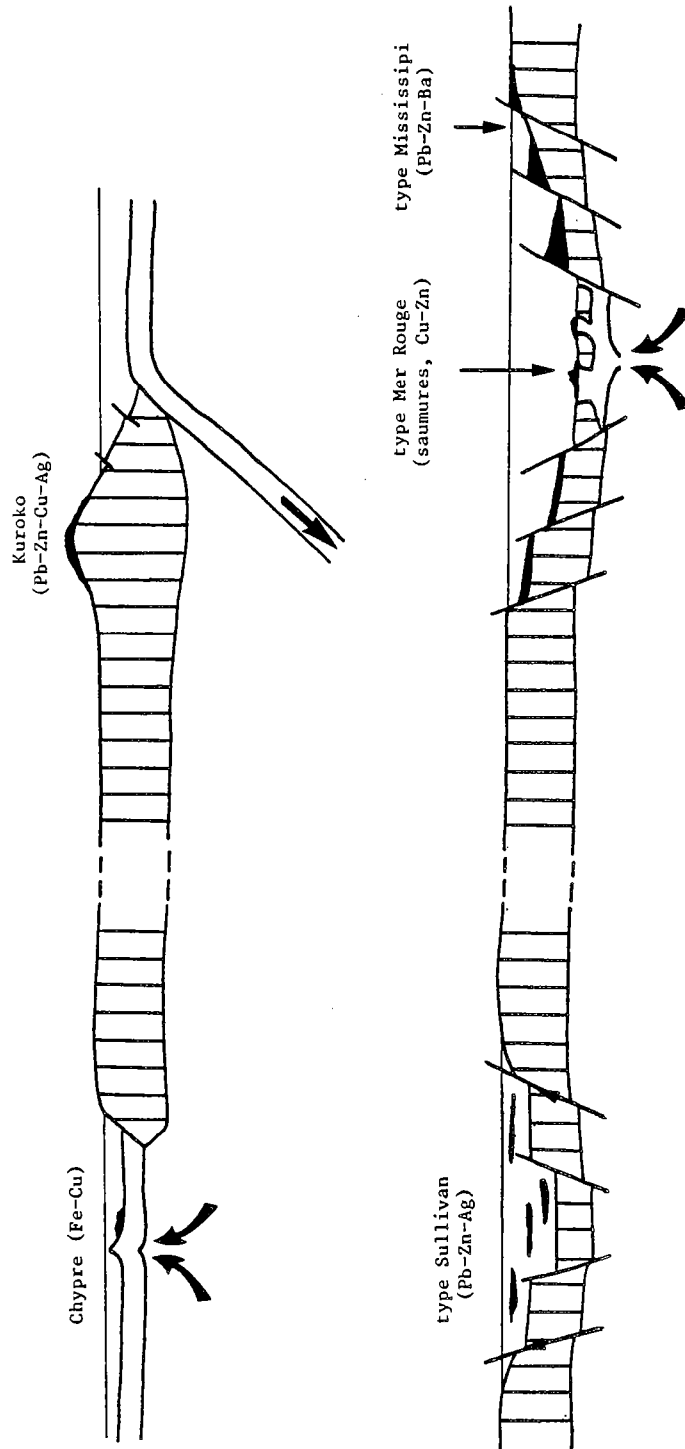


Figure 60. - Position des gisements en fonction du site tectonique (d'après Garson et Mitchell, 1978 ; Aye, 1983).

| site géotectonique | zones d'accrétion océanique<br>et d'arrière arc actif | zone d'arc insulaire               |   | zones de rift et de grandes fractures                   |                                  |
|--------------------|---|------------------------------------|---|---|----------------------------------|
|                    |   | immature                           | mature  | rift avorté ou "zones mobiles"                          | limites de plate-forme et bassin |
| volcanisme         | ophiolitique  | tholéitique<br>basique dominant    | calco-alcalin<br>acide dominant   | manifestations basiques du manteau<br>(parfois acides)  |                                  |
| minéralisation     | Cu - (Zn) - Au  | Zn - Cu - Pb - (Ag - Au - Sn - Ba) |   | Pb - Zn - (Cu) - Ag - Ba                                |                                  |
| formation porteuse | probablement allochtone                               | gisement encaissé dans volcanites  |   | gisement encaissé essentiellement<br>dans des sédiments |                                  |
| Exemples           | Chypre<br>Oman  | Lokken<br>Blefda                   | chaîne des appalaches<br>ceinture ibérique<br>géosynclinal<br>Tasman kuroko | ceinture de Mt Isa<br>Mac Arthur River<br>Mer Rouge     | Rammelsberg<br>Meggen            |

Tableau 32. - Classification des gîtes stratiformes à Pb, Zn, Cu  
(d'après Pouit, 1981 ; Pouit, 1984).

Le gisement est constitué d'un amas encaissé dans des tufs caractérisé par une distribution spatiale des différents minerais et par un stockwerk qui est enraciné dans un dôme rhyolitique (fig. 59).

D'autres gisements sont associés à des volcanites basiques tels que ceux de Chypre ou d'Oman.

Le volcanisme permet de différencier les gisements en fonction du cadre géotectonique, de la paragenèse de la minéralisation et de la formation porteuse (Tableau 32 et fig. 60).

Dans les gisements situés dans les zones de rift ou de bassins d'autres critères discriminants (guides de recherches = métallotectes) peuvent être introduits (Pouit, 1981) :

- l'âge est toujours protérozoïque moyen ou paléozoïque
- le plomb et le zinc forment la minéralisation dominante.

Il existe de grands et petits bassins, les premiers sont limités par des failles actives au cours du dépôt de la séquence sédimentaire hôte. L'activité magmatique est toujours faible et elle est contemporaine de l'époque de la minéralisation. Les manifestations hydrothermales sont présentes ainsi que des altérations caractéristiques.

Sur cet ensemble de gisements la prospection minière se caractérise par des méthodes appropriées telles que les méthodes électriques, la prospection géochimique (Pouit, 1984).

## VI - 2 - LES GISEMENTS DU BASSIN DE CHATEAULIN

Les indices et les gîtes reconnus dans l'ensemble du bassin de Châteaulin sont essentiellement situés sur sa bordure, à la limite du Dévonien et du Carbonifère : Scrigniac, Gausson, Menez-Albot, Torhoat, la Porte-aux-Moines, Bodennec...

### VI - 2 - 1 - LE GISEMENT DE LA PORTE-AUX-MOINES

Le gisement de la Porte-aux-Moines est situé sur le flanc sud dans la partie orientale du bassin de Châteaulin. Il est localisé à l'Est de St Martin-des-Prés (près de Corlay) sur la Butte Saint-Michel.

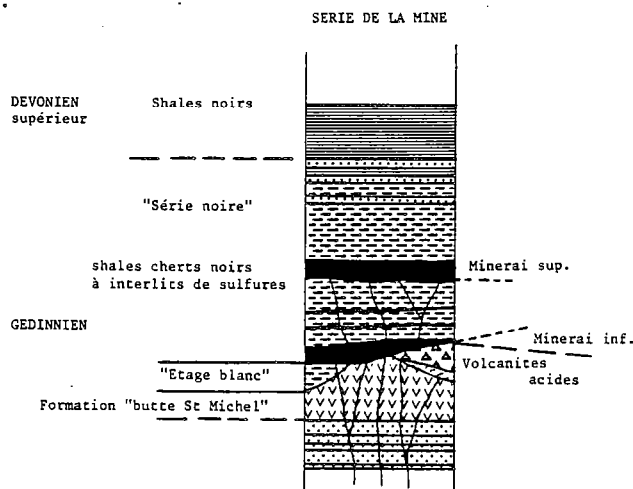


Figure 61. - Succession lithologique sur la zone minéralisée de Porte-aux-Moines.

Le gisement est un amas sulfuré polymétallique à Zn, Pb, Cu, Ag et riche en pyrite. Il est enraciné dans la partie supérieure d'un appareil volcanique et est encaissé dans des shales, des cherts et des chloritites. Ces derniers constituent la formation "porteuse" de la minéralisation dont la base est datée du Siluro-Dévonien. L'ensemble est antérieure à la Formation des "Grès de Landévennec" (fig. 61). Le corps minéralisé est constitué de plusieurs lentilles superposées de composition métallique et de texture différente. Dans son ensemble il forme une lentille ventrue de faible extension latérale (Aye, 1983, 1984), le tonnage est évalué à 1,86 Mt à 1,68% de Pb, 7,83% de Zn, 0,76% de Cu et 96,6 g /t d'Ag, à la suite de travaux miniers expérimentaux et des nombreux sondages qui ont recoupé la minéralisation.

#### VI - 2 - 2 - Le gisement de Bodennec

Le gisement de Bodennec est situé sur la bordure Nord du bassin de Châteaulin. Les premiers travaux géologiques ont été réalisés par Bril (1975) puis conclus par F. Aye (1983).

Le gisement de Bodennec Yeun Dong est un amas sulfuré polymétallique à Cu, Pb, Zn, Ag mais pauvre en pyrite. Il est encaissé dans des shales, cherts et chloritites et est associé à des faciès volcaniques distaux. Le corps minéralisé est constitué d'un niveau minéralisé bréchi-que de faible épaisseur d'extension kilométrique et présentant des digitations locales. Les sédiments encaissants de la formation sont datés Dévonien inférieur. Le tonnage de ce gisement est évaluée à 2,11 Mt à 1,16% de Cu, 9,7% de Pb, 2,89% Zn et 55,8 g/t d'Ag (Aye, 1983 ; 1984).

Sur ce secteur deux autres gisements de même type ont été mis en évidence : Kersancol et Corn Ar Hars.

#### VI - 2 - 3 - L'indice de Menez-Albot

Cet indice minéralisé est situé sur la partie occidentale Sud du bassin de Châteaulin, au Sud du secteur de Gouézec - St Thoïs.

La minéralisation à blende et galène dominante est dissiminée dans un ensemble de shales et quartzites sur une cinquantaine de mètres d'épaisseur, formation située pour Lagleize (1981) et Aye (1983) sous la Formation du "Grès de Landévennec". Cette formation minéralisée est assimilée à la Formation des "Schistes et Quartzites de Plougastel". La minéralisation étudiée est jusqu'à présent infra-économique.

Ce dernier type de gisement est fréquent sur les bordures du bassin de Châteaulin.

#### VI - 2 - 4 - Les indices de Gouézec - St Thoïs

Cette étude a permis de montrer qu'il existait deux niveaux minéralisés bien distincts par le type de dépôt, par la composition minéralogique et chimique ainsi que par les formations encaissantes.

- Le niveau inférieur est dissimulé ou en fins interlits millimétriques dans une formation sédimentaire de schistes et de quartzites. La minéralisation est à blende, pyrite, galène principalement ; de nombreux minéraux accessoires y sont associés. Cette minéralisation est présente dans la formation IV. Les travaux cartographiques, les études structurales et micropaléontologiques



ont permis de montrer que cette formation est postérieure à la Formation des "Grès de Landévennec" et est antérieure aux formations carbonifères du bassin de Châteaulin (cf. première, quatrième et cinquième partie).

Les travaux cartographiques (documents 1 et 8, hors texte) ont permis de montrer que la formation porteuse des indices de Menez-Albot est la même formation minéralisée observée sur Torhoat (Gouézec - St Thois) conduisant ainsi à reviser la position stratigraphique déterminée par Lagleize (1981) et Aye (1983). Ses similitudes entre la Formation des "Schistes et Quartzites de Plougastel" et la Formation des "Grès de Landévennec" et la lacune de cette dernière sur le secteur de Menez-Albot n'est due qu'à la tectonique hercynienne (cf. quatrième partie, fig. 44) et sont sans doute à l'origine de la confusion.

- Le niveau minéralisé supérieur, stratiforme submassif à blende dominante est encaissé dans une formation volcano-sédimentaire datée Dévonien moyen-supérieur (Givetien - Frasnien).

#### VI - 3 - COMPARAISON ENTRE LES DIFFÉRENTS GITES DU BASSIN DE CHATEAULIN

Les éléments du contrôle géologique des minéralisations observées dans le bassin de Châteaulin permettent de préciser les différences et les similitudes entre ces gisements.

##### VI - 3 - 1 - LE CONTRÔLE PALEOGÉOGRAPHIQUE

Tous les gisements sont situés sur les bordures du bassin de Châteaulin.

Le gisement de la Porte-aux-Moines est le seul gîte de type amas sulfuré sur appareil volcanique (proximal) reconnu et bien défini (Aye, 1983).

Les gisements de Bodennec (Yeun Dong, Kersanscol et Corn Ar Hars) sont trois gîtes liés à un volcanisme distal par rapport à l'encaissant de la minéralisation (Aye, 1983).

Le gisement de Menez-Albot est caractérisé par le dépôt de la minéralisation dans un contexte de plateforme à l'interface eau de mer - sédiment (Lagleize, 1981) sans aucune relation avec un volcanisme actif.

Le niveau minéralisé inférieur de Gouézec - St Thois est assimilable au niveau minéralisé de Menez-Albot puisqu'il est inclus dans la même formation et qu'il est de même typologie.

Le niveau supérieur de la minéralisation de Gouézec - St Thois est spatialement lié à des volcanites de la formation VI mais sa reconnaissance géologique est insuffisante (un seul sondage a traversé 1,50 m de minerai submassif) pour l'assimiler à un amas sur appareil volcanique. Il est de plus difficile de localiser la source volcanique sur le secteur de Gouézec - St Thois. Elle semble néanmoins localisée à la limite des formations affectées par la "phase bretonne" et de celles crustales soumises à des puissances

En résumé, trois types de gisements ont été reconnus en fonction de leur cadre paléogéographique (fig. 62) :

- gisement sur appareil volcanique proximal
- gisement associé à des volcanites distales
- gisement encaissé dans des sédiments sans association volcanique.

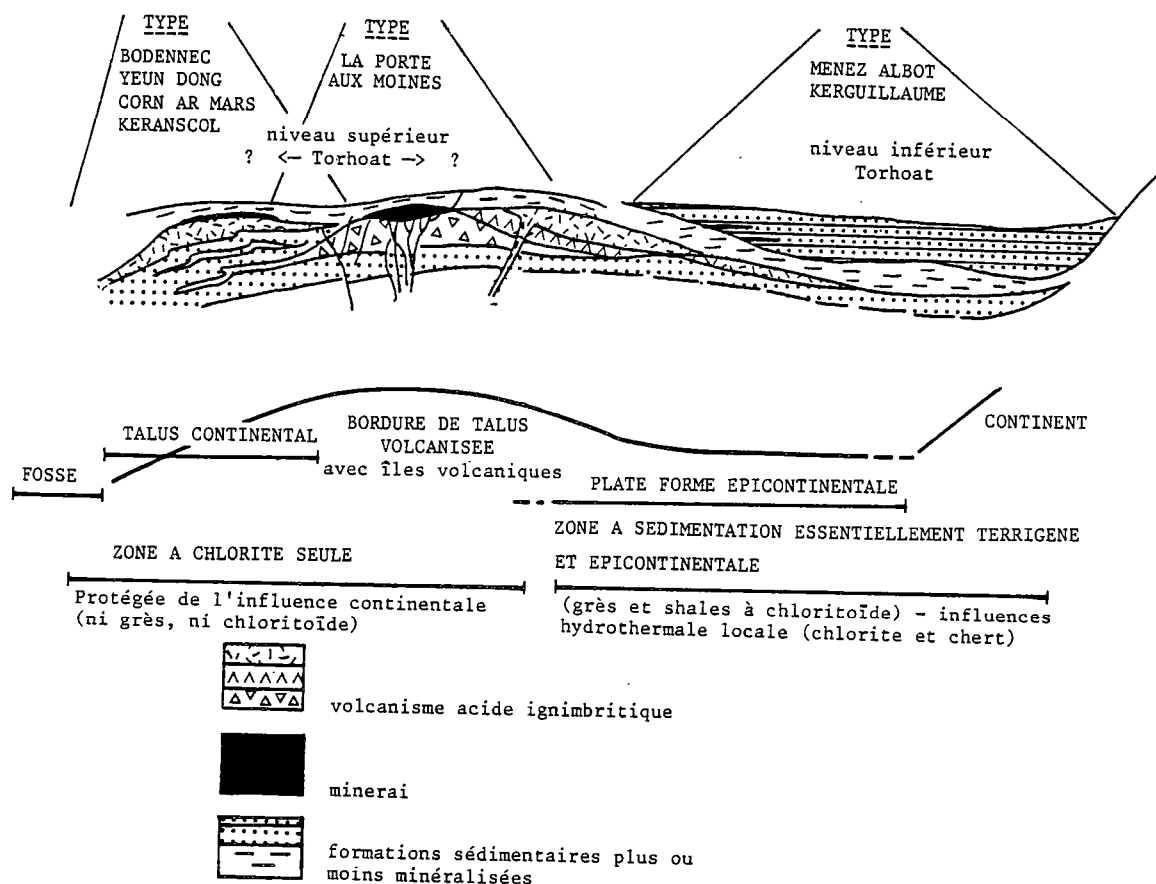


Figure 62. - Type de gisement observé dans le bassin de Châteaulin en fonction de la position paléogéographique (Aye, 1983).

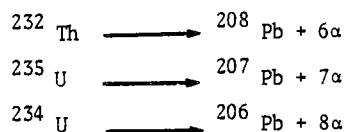
#### VI - 3 - 2 - Le contrôle chronologique

Le gîte de Porte-aux-Moines et l'ensemble des gisements de Bodennec ont été datés Siluro-Dévonien par les études micropaléontologiques effectuées dans les sédiments encaissants (Aye, 1983).

L'étude micropaléontologique des sédiments encaissants des minéralisations de Torhoat (cf. cinquième partie) a permis de montrer que les indices minéralisés sont postérieurs à la Formation des "Grès de Landevennec".

Une étude isotopique détaillée du plomb des galènes des trois principaux gîtes a été réalisée au B.R.G.M. par Marcoux, Calvez et Aye (1984).

Cette étude repose sur le principe que le plomb commun est constitué de 4 isotopes : 204, 206, 207 et 208 et que cette constitution isotopique résulte de la désintégration de l'uranium et du thorium suivant les formules :



et on peut appliquer l'équation de base de la radioactivité

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

La méthode des isotopes du plomb est appliquée afin de calculer l'âge des galènes (Marcoux 1980 ; Marcoux et Calvez, 1985).

La séparation du plomb de sa source urano-thorifère (au temps  $t$ ) coïncide avec la cristallisation des minerais. Elle fige la composition isotopique du plomb (Marcoux et Calvez, 1985). L'âge  $t$ , "âge modèle" de la minéralisation se déduit de la position de la composition isotopique du plomb sur la courbe de croissance normale suivant l'équation :

$$({}^{206}\text{Pb} / {}^{204}\text{Pb})_t = ({}^{206}\text{Pb} / {}^{204}\text{Pb})_{t_0} + \mu (e^{\lambda t_0} - e^{\lambda t})$$

$$\mu = \frac{{}^{238}\text{U}}{{}^{204}\text{Pb}}$$

L'isotope  ${}^{204}\text{Pb}$  est stable.

Pour que cet âge soit correct la source doit être unique et le rapport doit être constant ; l'évolution du plomb doit se faire dans un système clos vis-à-vis de U, Th et Pb.

L'âge modèle devient âge réel dans les cas où le système U, Th, Pb est resté clos, condition réalisée dans les environnements tels que les segments crustaux soumis à des puissants phénomènes d'hydrothermalisme (Doe et Stacey, 1974) où les effets d'héritage de plomb sont nuls ou négligeables.

Une étude isotopique des principaux gîtes polymétalliques du bassin de Châteaulin contribue à une meilleure connaissance de ceux-ci (fig. 63).

Bodennec et La Porte-aux-Moines ont une signature isotopique unique. L'âge modèle obtenu pour la Porte-aux-Moines est de  $415 \text{ MA} \pm 10 \text{ MA}$  et pour Bodennec il est de  $400 \pm 15 \text{ MA}$  (Marcoux et al., 1984).

Par contre les indices de Menez-Albot et de Torhoat présentent des compositions isotopiques hétérogènes selon les sondages considérés.

Pour Torhoat les échantillons s'inscrivent dans deux sites différenciés :

- le premier site correspond au niveau minéralisé inférieur
- le second site ne comprend qu'un seul point d'analyse. Il serait souhaitable de confirmer cet âge plus récent que le précédent correspondant aux échantillons prélevés dans le second niveau minéralisé.

On note la même différence pour Menez-Albot qui correspond à une variation de la minéralisation entre Menez-Albot Ouest et Menez-Albot Est. En effet dans le sondage Mat 9, situé le plus à l'Est de ce secteur on a pu observer la présence de cuivre natif et de pyrrhotite en ponctuations mais par suite de manque de matériel utilisable, une étude précise de ce corps minéralisé n'a pu être possible. Néanmoins cette minéralisation paraît différente de celle observée par Lagleize (1981) sur Menez-Albot Ouest qui est à pyrite et blende dominantes.

Cette différenciation sur les secteurs de Torhoat et de Menez-Albot peut constituer un argument en faveur d'une pluralité des amas sulfurés sur cette zone (Marcoux et al., 1984).

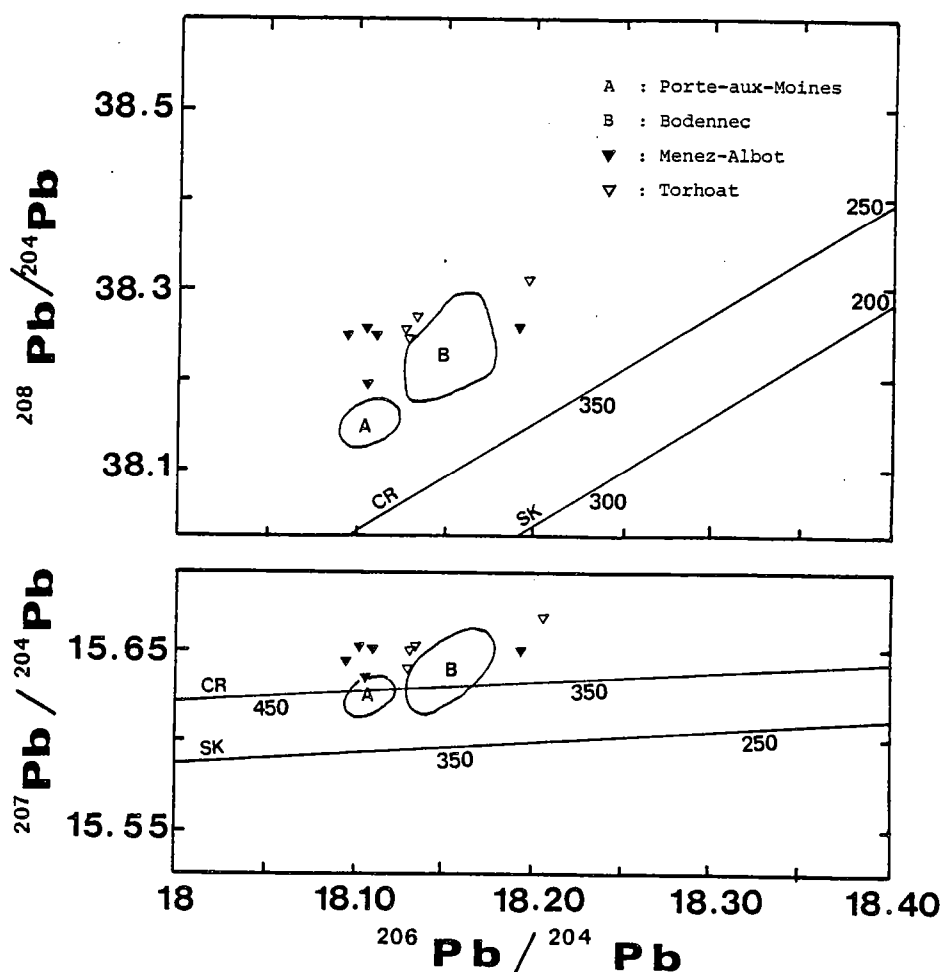


Figure 63. - Composition isotopiques des galènes du gisement des gites armoricains (Marcoux et al. 1984). Courbes de croissance normale et leur âges modèles sont représentés  
CR de Cumming et Richard, 1975  
SK de Stacey et Kramers, 1975

#### VI - 3 - 3 - Conclusion

Les contrôles paléogéographiques et chronologiques permettent de différencier les différents gites du bassin de Châteaulin :

D'un point de vue paléogéographique (fig. 62)

- Le gisement de La Porte-aux-Moines est un amas sulfuré enraciné sur un appareil volcanique acide (Aye, 1983)
- Le gisement de Bodennec est spatialement lié à des volcanites acides mais il apparaît plus distal que le précédent.
- Le niveau minéralisé inférieur de Torhoat, inclus dans la formation IV est l'équivalent de la minéralisation observée sur Menez-Albot, il est sans association volcanique apparente.
- Le niveau minéralisé supérieur de Torhoat, inclus dans la formation VI est lié spatialement à des volcanites acides de type ignimbritique. On ne peut pas déterminer néanmoins si ce gisement est proximal ou distal rapport à l'appareil volcanique.

## VII - COMPARAISON AVEC LES GISEMENTS TYPES ET CONCLUSION

Par leur minéralogie, leur site géotectonique et le contexte volcanique associé, les gîtes de la bordure du bassin de Châteaulin présentent des points communs avec les gisements des zones de distension intracratonique (tableau 32) : type Sullivan, Mount Isa, type mer Rouge. Toutefois l'extension paléogéographique et chronologique du sillon centre-armoricain n'est pas comparable à celle du sillon Ouest-américain, du Batton Trough australien ou du rift mer Rouge-Afars (Aye, 1983).

Le niveau minéralisé supérieur de Torhoat inclu dans la formation VI et inconnu jusqu'à ce jour dans ce secteur, apparaît comme l'indice le plus favorable à l'exploration minière. Il est associé à des volcanites à dominante acide qui se mettent en place sur les bordures du bassin. Celui est limité par des failles vivantes qui guident la montée du magma acide auquel sont associés des fluides hydrothermaux qui constituent les vecteurs de la minéralisation (Kerjean et Rolet, 1984).

La genèse de ce niveau minéralisé est comparable aux modèles proposés pour les gisements de Bodennec et Porte-aux-Moines (fig. 62).

L'absence de volcanite associée permet de différencier le niveau minéralisé inférieur (inclus dans la formation IV) de celui décrit précédemment. Moins important d'un point de vue économique, il se met en place à l'interface eau - sédiments sur une plateforme épicontinentale par étalement puis précipitation d'un fluide minéralisateur.

## CONCLUSION



Les indices sulfurés à Zn, Pb, Cu, Fe mis en évidence par le B.R.G.M. dans les formations paléozoïques du bassin de Châteaulin correspondent à deux niveaux minéralisés dont les caractéristiques sont différentes.

L'étude cartographique régionale et l'étude précise des sondages réalisés dans le secteur de Gouézec - St Thois ont permis de préciser le cadre géologique de mise en place de la minéralisation.

Six formations sédimentaire, volcano-sédimentaire et volcanique datées du Silurien au Carbonifère (tableau 33) ont ainsi pu être mis en évidence. De la base au sommet :

- La formation I composée de schistes noirs d'âge Silurien peut être rapportée au Groupe des Trois Ruisseaux (Rolet, 1984a).
- La formation II assimilée à la Formation des "Schistes et Quartzites de Plougastel" (Rolet, 1984a ; Le Gall, 1985) est datée du Pridoli-Lochkovien.
- La formation III correspond à la Formation des "Grès de Landévennec" datée du Lochkovien (Rolet, 1984a ; Le Gall, 1985).
- La formation IV est un ensemble de schistes et de quartzites avec des calcschistes associés. Elle est caractérisée par la présence de chloritoïde. Des niveaux hydrothermaux de type chloritite sont observés à l'affleurement et en sondages dans cette formation. Elle porte également le premier niveau minéralisé observé sur le secteur de Gouézec - St Thois. La minéralisation est à blende et pyrite dominantes et est disséminée dans les sédiments.
- La formation V est un ensemble volcanique basique composé de dolérites peu métamorphisées qui se sont mises en place sous forme d'un sill sur le secteur de St Thois. Quelques filons associés à cet ensemble volcanique recoupent la formation IV sur ce secteur.
- La formation VI repose en discordance sur la formation IV dans le secteur de St Thois. Elle comporte à sa base et en niveaux interstratifiés des faciès volcaniques acides qui s'apparentent à des ignimbrites. Les faciès sédimentaires sont représentés par des schistes noirs et des grès feldspathiques. Cette formation postérieure aux formations IV et V comporte, au moins en son sommet, la formation des "Schistes et Wackes de Pont de Buis" datée Viséen supérieur, incluant les schistes à blocs observés à l'Est du village de St Thois (Le Gall, 1985). Cet ensemble comporte à sa base des faciès hydrothermaux de type carbonaté et est porteur d'un deuxième niveau minéralisé submassif à blende dominante, lié intimement aux volcanites acides.



| AGE         |                         | indices                             | GOUZEC - ST THOIS   |                  |           |                     |
|-------------|-------------------------|-------------------------------------|---|------------------|-----------|---------------------|
|             |                         |                                     | Lithologie  | Minéralisation   | Formation | tectonique          |
| CARBONIFERE | Viséen supérieur        | h <sub>2-3</sub>                    | Formation des "Schistes et vac-<br>ques" de Pont de Buis incluant<br>les schistes à blocs de St Thois |                  | VI        |                     |
|             | Tournaisien supérieur   | h <sub>1-2</sub><br>h <sub>1b</sub> |   |                  |           |                     |
|             | Famennien               | d <sub>5</sub>                      | Grès feldspathiques<br>Schistes noirs   | niveau supérieur | ??        |                     |
|             | Frasnien                |                                     | volcanisme<br>acide   |                  |           |                     |
|             | Givétien                | d <sub>4c</sub>                     | métadiorites  |                  | V         |                     |
|             |                         | d <sub>4</sub>                      | schistes sans<br>chloritoïde et<br>quartzites associés  | niveau inférieur | ??        | Phase<br>"bretonne" |
|             | Eifelien                | d <sub>3a-4</sub>                   | Schistes à chloritoïdes<br>et quartzites associés   |                  | IV        |                     |
|             | Emisien                 | d <sub>2f</sub>                     |   |                  |           |                     |
|             | Pragnien                | d <sub>2c-f</sub>                   | Schistes massifs à<br>chloritoïdes et à<br>niveaux de calc-<br>schistes                               |                  |           |                     |
|             | Codinnien<br>Lochkovien | d <sub>1a-b</sub>                   | Formation des "Grès de Lundévennec"   |                  | III       |                     |
| SILURIEN    | Pridoli                 | S <sub>4</sub> d <sub>1n</sub>      | Formation des<br>" Schistes et Quartzites de Plougastel "   |                  | II        |                     |
|             | Ludlovien               | O <sub>5</sub>                      | Groupe des Trois Ruisseaux  |                  | I         |                     |

Tableau 33. -Formations lithologiques observées dans le secteur de Gouezec-St Thois

Le volcanisme observé dans le secteur de Gouézec - St Thois est comparable à celui décrit dans l'ensemble du bassin de Châteaulin à la limite des formations dévoniennes et carbonifères (Lecolle et al., 1974 ; Sagon, 1976).

Les faciès volcaniques basiques, représentés par des métadolérites (formation V) ont une signature chimique caractérisée par une valeur élevée en  $\text{TiO}_2$ . Ces basites sont assimilables à des tholeïtes résultant d'une activité volcanique intraplaque.

Les faciès volcaniques acides s'apparentent à des ignimbrites. Ces felsites sont très siliceuses et pauvres en éléments cafémiques. Elles apparaissent essentiellement sur le secteur de St Thois interstratifiée dans des schistes noirs de la formation VI ou bien elles reposent en discordance sur les faciès basiques (secteur de St Thois) ou sur la formation IV (Menez-Albot).

L'évolution tectono-métamorphiques du secteur de Gouézec - St Thois se traduit par l'existence de deux épisodes tectogénétiques liés à l'évolution du bassin de Châteaulin (naissance, maturité et fermeture).

Le premier événement tectonique attribuée à la phase "bretonne" se traduit par l'existence d'une phase plicative synschisteuse, structurant les formations I à IV. Cette phase est responsable de la présence d'un large anticlinal d'axe N 70-80 déversé vers le Nord sur le secteur de Gouézec - St Thois et d'une structure synclinale sur le secteur de Menez-Albot. La schistosité de flux, de plan axial, se traduit par l'étirement de certains minéraux et est soulignée par la disposition des baguettes de chloritoïde.

Le deuxième événement tectonique est rapporté à la phase "namuro westphalienne". Il se traduit par une phase de décrochevauchement représentée par un accident ("accident de Briec") peu penté. Il contribue au déplacement vers le Nord des formations situées dans la partie méridionale du secteur de Gouézec - St Thois et met en contact anormal le flanc normal de l'anticlinal avec le flanc anormal du synclinal. Ce second événement tectonique développe localement une schistosité de fracture.

Le métamorphisme de type régional associé au premier événement tectonique a développé des paragenèses de faciès schiste vert type Barrow : chlorite, mica blanc et chloritoïde.

En plus des structures cartographiquement repérables l'étude des données géophysiques a permis de limiter les formations entre-elles. Ainsi la formation IV apparait comme un axe "lourd" tandis que la formation VI apparait comme un axe "léger".

Sur le secteur de Gouézec - St Thois l'ensemble des anomalies géochimiques en Pb, Zn, Cu résultant de la prospection tactique de la minéralisation, s'oriente suivant un axe EW, puis N 70 parallèlement à la structuration du bassin de Châteaulin à la limite des formations IV et VI.

Bien que les données micropaléontologiques utilisables soient peu nombreuses, elles permettent toutefois de cerner le cadre stratigraphique et paléogéographique de la sédimentation. Le matériel obtenu à partir de la formation IV apparait évolué et déformé, sa détermination est impossible. Néanmoins la présence de quelques spores et de quelques débris végétaux trahit la proximité des zones émergées ; la présence d'encrines plaident en faveur d'un environnement de type lagunaire. Cette formation peut être rapportée au Dévonien inférieur à moyen (formation postérieure à la Formation des "Grès de Landévennec"). La formation VI fournit un matériel plus abondant composé de spores, de débris végétaux, d'acritarches et de tentaculites. Là encore l'abondance des restes végétaux résulte de la proximité du continent, l'environnement sédimentaire étant marin comme le prouve la présence de tentaculites. Les acritarches fournissent un âge Dévonien supérieur probable et les tentaculites conduisent à considérer la base de cette formation comme d'âge anté-Famennien.

Dans le secteur de Gouézec - St Thois au coeur des six formations différenciées, deux niveaux minéralisés ont été mis en évidence au cours de l'étude des sondages :

- Le niveau minéralisé inférieur apparaît au sein de schistes et de quartzites (dépourvus de chloritoïde en présence de minéralisation), de calcschistes et de chloritites de la formation IV. Aucun volcanisme n'apparaît associé. La minéralisation de type sulfurée à Pb, Zn, Cu est dissiminée sur plusieurs dizaines de mètres de puissance. La paragenèse à blende, galène, pyrite et chalcoppyrite comporte en outre de nombreux minéraux accessoires (sulfo-arséniures et cuivres gris). Cette minéralisation comparable à celle de Menez-Albot (même formation sédimentaire, même typologie) s'est déposée en milieu épicontinental lagunaire à l'interface eau de mer - sédiments. Par ces liens évidents avec la formation IV ce niveau minéralisé (apparaissant plus probablement au sommet de cette formation, cf. sondages) est antérieur à la phase "bretonne" et peut être rapporté au Dévonien moyen.
- Le niveau minéralisé supérieur apparaît intimement lié aux volcanites acides situées à la base de la formation VI. La minéralisation est à blende dominante, submassive, stratiforme. La paragenèse est plus simple que dans le niveau minéralisé inférieur et la pyrite apparaît tardive. La galène anisotrope en lumière réfléchie peut comporter jusqu'à 4,55% de sélénium et peut caractériser une minéralisation particulière. Le niveau hydrothermal de type carbonaté est également minéralisé, minéralisation pyriteuse principalement. Par son appartenance à la formation VI ce niveau minéralisé supérieur est postérieur à la phase bretonne et peut être considéré comme d'âge Dévonien supérieur (anté-Fammenien).

Les deux niveaux minéralisés observés dans le secteur de Gouézec - St Thois sont postérieurs à la Formation des "Grès de Landévennec" et apparaissent d'âge Dévonien moyen et Dévonien supérieur.

Le niveau minéralisé inférieur de type sédimentaire reconnu en de nombreux points du bassin de Châteaulin (Aye, 1983) ne présente aucun intérêt économique actuellement. La minéralisation apparaît "diluée" dans la masse des sédiments.

Le niveau minéralisé supérieur est associé à des volcanites à dominante acide qui se mettent en place sur les bordures structurées du bassin de Châteaulin lors de la phase "bretonne". Par ces failles les montées du magma et des fluides hydrothermaux constituent les vecteurs de la minéralisation, qui se dépose dans un bassin où l'apport sédimentaire s'effectue en milieu marin (fig. 64).

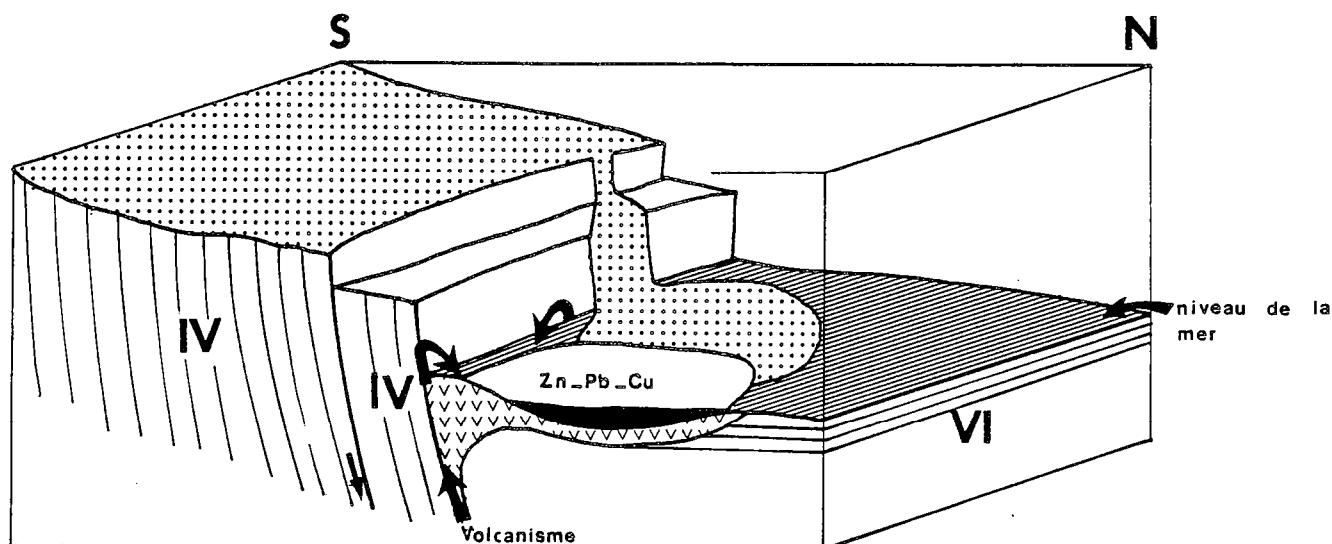


Figure 64. - Environnement paléogéographique au cours du dépôt du niveau minéralisé supérieur (modifié d'après Thein, 1986 ; modèle appliqué à Torhoat).

La minéralisation apparaît submassive sur 1,50 m mais ce niveau ne peut être suivi actuellement. Cependant ce gisement peut être considéré comme un type gîtologique équivalent à celui de Porte-aux-Moines ou de Bodennec.

La mise en évidence et les caractères du second niveau minéralisé, d'âge Dévonien supérieur, inconnu jusqu'à ce jour dans ce secteur, constitue une donnée importante pour la poursuite et l'orientation de l'exploration minière dans la région de Briec. La zone qui apparaît la plus favorable à la recherche de corps minéralisés de type Porte-aux-Moines-Bodennec paraît se situer dans la partie Est du secteur de Gouézec - St Thoïs là où les fractures limitant le bassin sont les plus importantes et où les volcanites acides sont les plus développées.



# **REFERENCES**

# **BIBLIOGRAPHIQUES**



- AYE F., 1978 - Les gisements de zinc, plomb, cuivre de Bodennec et Portes-aux-Moines. Premières ébauches des modèles de minéralisation du sillon volcano-sédimentaire, paléozoïque centre armoricain. Chr. Rech. Min., 445 : 47-69.
- AYE F., 1983 - Contrôles géologiques des gîtes stratiformes de Pb, Zn, Cu, Ag de la bordure du bassin de Châteaulin (Massif armoricain, France). Mémoire du B.R.G.M. n°120, 263 p., (Thèse d'état, Paris, 1982).
- AYE F., 1983 - Les gîtes volcano-sédimentaires du Massif Armoricain (France). Note GMX 954, document inédit B.R.G.M.
- AYE F., 1984 - L'hétérogénéité de la distribution des gîtes sulfurés de Pb, Zn, Cu, Ag du Massif armoricain (France). Ses origines, ses conséquences au plan de la recherche minière. Chron. rech. min., 475 : 11- 18.
- AYE F., GUERANGE B., 1976 - Premiers résultats de l'étude lithostratigraphique des sondages carottés de la Porte-aux-Moines (Côtes-du-Nord), et applications à la recherche minière. Note 435. B.R.G.M., SGN/GMX/GIT, inédite.
- AYE F., BEAUJOUR A., KERJEAN M. et LE FUR Y., 1977 - Les minéralisations à Cu, Zn, Pb de Bodennec et de Porte-aux-Moines : éléments de gîtologie. 5<sup>ème</sup> R. A. S. T., Rennes, 1977, ed. S.G.F., 31.
- AYE F. avec la collaboration de P. CHANTRAINE, B. GUERANGE, M. KERJEAN, Y. LE FUR et P. PICOT, 1978 - La Porte-aux-Moines (Côtes-du-Nord). Résultats de l'étude lithostatigraphique, structurale et pétrologique des sondages PAM 1 à PAM 17 ; coupes interprétatives prévisionnelles du gisement. Rapport interne B.R.G.M./SGN, GMC/GIT, 490 : 20 p. + annexes.
- BABIN C., CAVET P., LARDEUX H., MORZADEC P., PARIS F., PONCET J., RACHEBOEUF P., 1972 - Le Dévonien du Massif Armoricain. Bull. Soc. Géol. Fr., (7), 14 : 94- 109.
- BACHE J. J., 1980 - Gisements d'or dans le monde. Essai de typologie quantitative. Mém. B.R.G.M., 118 : 102 p.
- BARRIERE M., ROLET J., THONON P., 1983 - Le magmatisme marqueur de l'évolution orogénique en domaine hercynien ouest armoricain. C. R. Acad. Sci., Paris, II, 296 : 917-922.



- BARROIS C., 1885 - Carte géologique de la France à 1/80.000. Feuille de Châteaulin.
- BARROIS C., 1896 - Carte géologique de la France à 1/80.000. Feuille de Saint-Brieuc.
- BARROIS C., 1905 - Carte géologique de la France à 1/80.000. Feuille de Morlaix.
- BEBIEN J., 1972 - Teneurs en  $TiO_2$  des roches volcaniques océaniques : comparaison des volcanismes actuels et ophiolitique. C. R. Acad. Sci., Paris, 276, D : 1967-1970.
- BEBIEN J., 1974 - Géochimie des roches volcaniques océaniques : comparaison des volcanismes actuel et ophiolitique. C. R. Acad. Sci., Paris, 279, D : 3111-3114.
- BERTHE D., 1980 - Le cisaillement sud-armoricain dans la région de St Jean Brevelay (Morbihan). Analyse de la déformation cisailante. Thèse 3<sup>ème</sup> cycle, Rennes, 150 p.
- BERTRANEU J., 1978 - Les minéralisations volcano-sédimentaires armoricaines. Une nouvelle province minérale. Facteurs de la découverte et premières perspectives. Chr. Rech. Min., 445 : 7-10.
- BONJOUR J.L., PEUCAT J.J., CHAUVEL J.J., PARIS F., CORNICHE J., 1987 - A middle arenigian radiometric age for the paleozoic transgression in West Brittany (France). Terra Cognita, 7, 2-3 : p 250.
- BOTINELLY T., SIEMS D. F., SANZOLONE R. F., 1985 - Trace elements in disseminated sulfides, magnetite, and massive sulfides, West Shasta District, California. Econ. Geol., 80 : 2196-2205.
- BOYER-GUILHAUMAUD C., 1974 - Volcanismes acides paléozoïques dans le Massif armoricain. Thèse d'état, Paris Sud (Orsay) : 385 p.
- BRALIA A., SABATINI G. et TROJA F., 1979 - A revaluation of the Co/Ni ratio in pyrite as a geochemical tool in ore genesis problems : Evidences from southern Tuscany pyrite deposits. Mineral. Deposita, 14 : 353-374.
- BRIL H., 1975 - La minéralisation à Cuivre, Plomb, Zinc de Bodennec en Bolazec (Finistère) dans son cadre géologique. Thèse 3<sup>ème</sup> cycle, Paris VI : 147 p.
- BRIL H. et THIRY M., 1976 - Le métamorphisme de basse pression anclé à mésozonal de la région de Bodennec (Finistère) : essai méthodologique. C. R. Acad. Sci., Paris, 283, D : 227-230.
- CABANIS B., 1972 - Les formations paléozoïques de la région de Morlaix. Leur évolution sédimentaire et orogénique. Thèse 3<sup>ème</sup> cycle, Paris.
- CABANIS B., SAGON J. P., 1973 - Le volcanisme dinantien en Bretagne occidentale. Bull. Soc. Géol. Minéral. Bretagne, 5, 1 : 1-11.
- CAPDEVILA R., 1968 - La symétrie du chloritoïde dans les micaschistes de Galice nord orientale. (Nord-Ouest de l'Espagne). Bull. Soc. fr., Mineral. Cristal., 91, 5 : 508-510.
- CHATEAUNEUF J. J., 1980 - Résultats d'étude : étude micropaléontologique du sondage Mat 5. Rapport SGN, inédit B.R.G.M.
- CHAUSSEIER J. B., MOREL J., 1981 - Manuel du prospecteur minier. Manuels et méthodes, 2, édition B.R.G.M. : 273 p.
- CHIRON J. C., 1978 - Les gisements "kuroko" du Japon. Chr. Rech. Min., 443 : 3-25.
- COGNE J., 1972 - Le Briovérien et le cycle orogénique cadomien dans le cadre des orogènes finipré-cambriens. Notes Mém. Serv. Géol. Maroc, 236 : 193-218.

- CONQUERE F., 1966 - Contribution à l'étude géologique de la bordure septentrionale du bassin de Châteaulin, région de Huelgoat (Nord Finistère). Thèse 3ème cycle, Paris, 167 p.
- CUMMING G. L. et RICHARDS J. R., 1975. - Ore lead isotope ratios in a continuously changing earth. *Earth and Planet. Sci. Lett.*, 28 : 155-271.
- DABARD M. P., 1983 - Etude pétrographique et géochimique des roches sédimentaires paléozoïques du Massif armoricain (Presqu'île de Crozon, Flanc Nord du bassin de Laval). Thèse 3ème cycle, Rennes : 207 p.
- DARBOUX J. R., GARREAU J., 1977 - Précisions sur la structure de l'Arrée et de ses piemonts dans leur terminaison occidentale (Massif Armoricain, France). *C. R. Acad. Sci.*, Paris. 283. 283 : 1007-1010 .
- DEER W. A., HOWIE R. A. et ZUSSMAN J., 1967 - Rock forming minerals, I : 161-170, III : 131-163. Ed. Longmans.
- DEER W. A., HOWIE R. A., ZUSSMAN J., 1980 - An introduction to the rock forming minerals. Ed. Longman : 528 p.
- DEMOND J. L., 1980 - La minéralisation à Zn, Pb de St Rivoal (Finistère) dans son environnement géologique. Thèse 3ème cycle, Paris VI.
- DOE B. A. et STACEY J. S., 1974. - The application of lead isotope to the problem of ore genesis and ore prospect evaluation : a review. *Econ. Geol.*, 69 : 757-776.
- EISBACHER G. H., 1970 - Déformations mechanics of mylonitic rocks and fractured granites in Cobequid Mountains, Nova Scotia, Canada. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 81 : 2009-2020.
- ELDER J. W., 1978 - Model of hydrothermal ore genesis. In volcanic processes in ore genesis. Ed. the Institution of Mining and Metallurgy of the Geological Society of London.
- ESTEYRIES C., 1982 - Etude des formations volcano-sédimentaires dévoniennes de la région de Gouarec (Côtes-du-Nord). Thèse 3ème cycle, Institut national polytechnique de Nancy : 220 p.
- GAMOND J. F., GIRAUD A., 1982 - Identification des zones de faille à l'aide des associations de fractures de second ordre. *Bull. Soc. geol. Fr.*, 4 : 755-762.
- GARSON M. S., MITCHELL A. N. G., 1978 - Mineralisation at destructive plate boundaries : a brief review. In Volcanic processes in ore genesis. Ed. The Institution of Mining and Metallurgy of the Geological Society of London: 81-97 .
- GIRARD J. P., 1985 - Diagenèse hydrothermale tardive des sédiments grés-argileux du Protérozoïque inférieur du bassin de Taoudeni (Afrique de l'Ouest). Thèse 3ème cycle, Université de Poitiers: 250 p.
- GIRARD D., 1981 - Pétrologie de quelques séries spilitiques mésozoïques du domaine Caraïbe et des ensembles magmatiques de l'île de Tobago : implications géodynamiques. Thèse 3ème cycle Brest, 230 p.
- GOGUEL J., 1950 - Carte gravimétrique de la France à 1/80.000, feuille du Massif armoricain. 1ère édition.
- GOGUEL J., 1967 - Carte gravimétrique de la France à 1/80.000, feuille du Massif armoricain. 2ème édition.
- GUIGUES J., 1978 - Histoire de la découverte des gisements de plomb-zinc-cuivre armoricains. Méthodologie de la prospection. *Chron. rech. min.*, 445 : 11-32.

- GUILLOCHEAU F. et ROLET, 1982 - La sédimentation paléozoïque ouest-armoricaine : histoire sédimentaire ; relations tectonique-sédimentation. Bull. Soc. géol. minéral. Bretagne, 1982, (C), 14, 2 : 45-62.
- GUSTAFSON L. B., WILLIAMS N., 1981 - Sediment - hosted stratiform deposits of Copper, Lead and zinc. Econ. Geol., 75<sup>th</sup> Anniversary Volume : 139-178.
- GUYOT G., 1978 - Cartographie et prospection en terrain volcano-sédimentaire (bordure sud du synclinal de Châteaulin. Rapport de stage E.N.S.G.A., Nancy. Rapport inédit.
- HANMER S. K., LE CORRE C., BERTHE D., 1982 - The role of Hercynian granites in the deformation and metamorphism of Brioverian and Paleozoic rocks of Central Brittany. J. Geol. Soc. London, 139 : 85-93.
- HARKER A., 1909 - The natural history of igneous rocks. New York, Macmillan.
- HART R. A., 1973 - A model for chemical exchange in the basal seawater system of oceanic Layer II. Can. J. Earth. Sci., 10 : 799-816.
- HEY M. H., 1954 - A new review of the chlorites. Mineral. Mag., 30, 224 : 277-292.
- HUGHES C. J., 1973 - Spilites, keratophyres and igneous spectrum. Geol. Mag., G. B., 109 : 198-205.
- JAKES P. et GILL J., 1970 - Rare earth elements and the island arc tholeiitic series. Earth Planct. Sci. letters, 9 : 17-28.
- KERJEAN M., 1983 - Esquisse géologique du secteur de Gouézec - St Thoïs - Menez-Albot. Document B.R.G.M. inédit.
- KERJEAN M. et ROLET J., 1984 - Le bassin carbonifère de Châteaulin : piège à minéralisation. Résumé R.C.P. "Géodynamique du Massif armoricain", Le Mans.
- KLAU W. et LARGE D., 1980 - Submarine exhalatur Cu-Pb-Zn deposits. A discussion of their classification and metallogenesis. Geol. Jb., D 40 : 15-58.
- KREBS W., GWOSDZ W., 1985 - Ore controlling parameters of Devonian stratiform Lead-zinc-barite ores in central Europe. Geol. Jb., D 70 : 9-36.
- KUNO H., 1968 - Differentiation of basalts magmas. In the Poldevaart treatise on rocks of basaltic composition. Ed. Hess and the late A. Poldevaart. Interscience Publishers, 2 : 623-688.
- LAFORÉ G., 1984 - Résultats d'étude : étude de la minéralisation de Tor 1. Rapport SGN/MGA, 5545, document inédit B.R.G.M.
- LAGARDE J. L., 1978 - La déformation des roches dans les domaines à schistosité sub-horizontale. Application à la nappe du Canigou - Roc de France (Pyrénées orientales) et au complexe cristallophyllien de Champtoceaux (Massif armoricain). Thèse 3ème cycle, Rennes : 164 p.
- LARGE D., 1980 - Geological parameters associated with sediment-hosted submarine exhalative Pb-Zn deposits : an empirical model for mineral exploration. Geol. Jb, D40 : 59-129.
- LAGLEIZE D., 1981 - La minéralisation à zinc, plomb, cuivre de Menez-Albot, Sud-Finistère. Thèse 3ème cycle, Toulouse, 104 p.
- LECOLLE M., ROGER G. et SAGON J. P., 1974 - Evolution géologique comparée de deux segments de l'orogène hercynien : le bassin de Châteaulin (Bretagne Centrale, France) et la ceinture pyrito-cuprifère sud-ibérique. Implications métallogéniques. C. R. Acad. Sci., Paris, 279, D : 1737-1740.

- LE CORRE C., 1978 - Approche quantitative des processus synchisteux. L'exemple du segment hercynien de Bretagne centrale. Thèse d'état, Rennes : 381 p.
- LE FUR Y., 1978 - Les minéralisations volcano-sédimentaires de Trémuson (Côtes-du-Nord). Chron. rech. min., 445 : 71-78.
- LE GALL B., 1985 - Carte géologique de Gourin à 1/50.000. Sous presse, B.R.G.M.
- LEMAITRE R. W., 1976 - The chemical variability of some common igneous rocks. Journ. Petrol., 17 : 589-637.
- LE NINDRE Y. M., 1985 - Résultats d'études : étude sédimentologique et micropaléontologique de deux échantillons du prospect de Torhoat. B. R. G. M. étude 85 GEO SEO 069. Document inédit.
- MAILLET P., 1977 - Etude géochimique de quelques séries spilitiques du Massif armoricain. Implications géotectoniques. Thèse 3ème cycle, Rennes, 134 p.
- MARCOUX E., 1980 - Le district de Pontivy. Sa place dans la métallogénie plomb-zincifère du Massif armoricain (France). Thèse 3ème cycle, Clermont-Ferrand : 252 p.
- MARCOUX E., CALVEZ J. J., AYE F., 1984 - Géochimie isotopique du plomb dans les gîtes hydrothermaux sédimentaires du bassin de Châteaulin (Massif armoricain). Principaux résultats scientifiques et techniques. 1984. Résumés. Ed. B.R.G.M.
- MARCOUX E., CALVEZ J. Y., 1985 - Age, genèse et prospection des concentrations minérales : les possibilités offertes par les isotopes du plomb. Chr. Rech. Min., 478 : 21-32.
- MAROT, A. avec la collaboration de M. KERJEAN et Y. LE FUR, 1985 - Synthèse géologique et gîtologique, syndicat de St Thoïs. Rapport B.R.G.M. DAM/DLIN. Inédit.
- MORZADEC P., 1976 - Le Dévonien et le Carbonifère du flanc Nord du synclinorium de Châteaulin (Massif Armoricaïn) : une coupe le long de la voie express Brest-Quimper. Bull. B.R.G.M., 2ème série, I, 1 : 39-48.
- MOSELEY F., 1983 - The volcanic rocks of the Lake district : a geological guide to the central fells. Ed. The Macmillan Press Ltd.
- MYASHIRO A., 1975 - Classification, characteristics and origin of ophiolites. Journ. Geol., 83 : 249-280.
- MYASHIRO A. et SHIDO F., 1975 - Tholeiitic and calc-alkaline series in relation to the behaviour of Ti, V, Cr and Ni. Amer. Journ. Sci., 275 : 265-277.
- NICOLINI P., 1970 - Gîtologie des concentrations minérales stratiformes. Ed. Gauthier-Villars.
- PARADIS S., 1981 - Le métamorphisme hercynien dans le domaine centre-armoricain : essai de caractérisation des phyllites des formations grésopélitiques. Thèse 3ème cycle, Brest : 167 p.
- PARIS Fl., 1982 - Les chitinozoaires dans la Paléozoïque sud-ouest de l'Europe (Cadre géologique - Etude systématique - Biostratigraphie). Mém. Soc. Géol. minéral. Bretagne, 26 : 410 p.
- PEARCE J. A., 1975 - Basalts geochemistry used to investigate post tectonic environments on Cyprus. Tectonophysics, 25 : 41-67.
- PEARCE J. A. et GANN J. R., 1973 - Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace elements analyses. Earth Planet. Sci. letters, 19 : 290-300.
- PEARCE J. A. et NORRY M. J., 1979 - Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y and Nb variations in volcanic rocks. Contrib. Mineral. Petrol., 69 : 33-47.

- PECCERRILLO A., TAYLOR S. R., 1976 - Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, Northern Turkey. *Contr. Mineral. Petrol.*, 58 : 63-81.
- PELHATE A., 1984 - Carte géologique de Châteaulin à 1/50 000. Sous presse. B.R.G.M. .
- PICOT P., 1981 - Résultats d'étude : étude de la minéralisation de Tor 1. Rapport SGN/MGA, 7252, document inédit B.R.G.M.
- PICOT P., 1983 - Résultats d'étude : étude de la minéralisation de Tor 2 et Tor 3. Rapport SGN/MGA, 8548, document inédit B.R.G.M.
- PICOT P., 1984 - Résultats d'étude : étude de la minéralisation de Tor 2 et Tor 3. Rapport SGN/MGA, 5258, document inédit B.R.G.M.
- PICOT P. et JOHANZ, 1977 - Atlas des minéraux métalliques. Mém. B.R.G.M., 90 : 403 p.
- PLAINE J., 1976 - La bordure sud du synclinorium paléozoïque de Laval (Massif armoricain) : stratigraphie, volcanisme, structure. Thèse 3ème cycle, Rennes : 229 p.
- POUIT G., 1982 - Mise au point sur les dépôts stratiformes de Cu, Pb, Zn : un type général sub-marine exhalaturo-hydrothermal sédimentaire. *Chr. Rech. Min.*, 459 : 70-74.
- POUIT G., 1984 - Les gisements à sulfures massifs exhalatifs sédimentaires. Une mise au point sur leur classification et la méthodologie de leur recherche. *Chr. rech. min.*, 476 : 31-34.
- PRUVOST P. et LE MAITRE D., 1949 - Carte géologique de la France à 1/80.000. Feuille de Châteaulin.
- PRUVOST P. et LE MAITRE D., 1949 - Observations sur la région occidentale du Bassin de Châteaulin. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, 212, XLIX : 81-94.
- ROLET J., 1984a - Carte géologique de Châteaulin à 1/50.000. Sous presse. B.R.G.M.
- ROLET J., 1984b - Grabens losangiques (pull-apart) en régime de décrochement. Le rôle des coulisements hercyniens dans l'individualisation des bassins carbonifères du Massif Armoricain. *Ann. Soc. Géol. Nord, C III* : 209-220.
- ROLET J. et THONON P., 1979 - Mise en évidence de trois complexes volcano-détritiques d'âge dévonien inférieur à moyen, Strunien et Viséen inférieur sur la bordure Nord du bassin de Châteaulin. Implications paléogéologiques et tectoniques. *Bull. B.R.G.M., sect. I, n° 4* : 303-315.
- ROLET J., DARBOUX J. R. et GRAVELLE M., 1982 - Structure profonde et soubassement du bassin de Châteaulin (Massif armoricain). Modèle d'évolution géodynamique d'un bassin (Carbonifère inférieur). Coll. national, programme géologie profonde de la France, Paris, projet 4-6 : 117-130.
- ROLET J., DARBOUX J. R., GUILLOCHEAU F. et THONON P., 1984 - La phase bretonne dans le Finistère. *Bull. Soc. géol. minéral. Bretagne, (C), 16, 1* : 3-15.
- ROLET J., LE GALL B., DARBOUX J. R., THONON P., GRAVELLE M., 1986 - L'évolution géodynamique dévono-carbonifère de l'extrémité occidentale de la chaîne hercynienne d'Europe sur le transect Armorique - Cornwall. *Bull. Soc. Géol. France, 8, II, 1* : 43-54.
- ROSE W., HAWKES A., HERBERT E., WEBB S. J., 1979 - *Geochemistry in mineral exploration*. Ed. Academic Press (seconde édition): 657 p.
- ROUBAULT M., 1982 - Détermination des minéraux des roches au microscope polarisant. Ed. Lamarre. Poinet: 382 p.

- ROUTHIER P., 1980 - Où sont les métaux pour l'avenir ? Mém. B.R.G.M., 120 : 410 p. + annexes.
- ROUTHIER P., AYE F., BOYER C., LECOLLE M., MOLIERE P., PICOT P., ROGER G., 1980 - La ceinture sud-ibérique à amas sulfurés dans sa partie espagnole médiane. Mém. B.R.G.M., 94 : 265 p. + annexes.
- SAFA P., 1980 - L'amas sulfuré de Rouez (Sarthe). Thèse 3ème cycle, Paris, 228 p. + annexes.
- SAGON J. P., DUNOYER de SEGONZAG G., 1972 - La cristallinité des micas dans les schistes paléozoïques et briovériens du bassin de Châteaulin (Massif armoricain). C. R. Acad. Sci. Paris, 275, D : 1023-1026.
- SAGON J. P., 1976 - Contribution à l'étude géologique de la partie orientale du bassin de Châteaulin (Massif Armoricain) : stratigraphie, volcanisme, métamorphisme, tectonique. Thèse d'état, Paris : 671p. + annexes.
- SAGON J. P., 1977 - Notice de la carte géologique de la France à 1/50.000, feuille de Quintin, 278 : 43p. Edit. B.R.G.M.
- SATO T., 1974 - Distribution and geological setting of the kuroko deposits. Soc. Min. Géol. Japan, Spec. Issue G.
- SCOTT S. D. et BARNES H. L., 1971 - Sphalerite geochemistry and geobarometry. Econ. Geol., 66 : 653-669.
- SECORD K. T., BROWN P., 1986 - Geology and geochemistry of the ore hill - Zn - Pb - Cu massive sulfide deposit, Warren, New Hampshire.
- SCHMID R., 1981 - Description nomenclature and classification of pyroclastic deposits and fragments. Recommendation of the IUGS subcommission on the systematics of igneous rocks. Geology, 9 : 41-43.
- STACEY J. S. et KRAMERS J. D., 1975 - Approximation of terrestrial lead isotope evolution by a two stage model. Earth and Planet. Sci. Lett., 26 : 207-221.
- THEIN J., 1985 - Geochemistry and origin of the stratiform sulfide ore deposit of Meggen (middle Devonian, Reinisches Schiefergebirge). Geol. Jb., D 70 : 37-51.
- THOMPSON G., MELSON W. G., 1972 - The petrology of oceanic crust across fracture zones in the atlantic Ocean : evidence of new kind of sea floor spreading. Journ. Geol., 80 : 256-538.
- THONON P., ROLET J., 1982 - Magmatisme et tectonique en Domaine Centre Armoricain occidental (Finistère). L'expression des magmatismes synorogénique, tardi-orogénique et post-orogénique calédonovarisques. 107<sup>ème</sup> Congr. nat. Soc. sav., Brest, 1982, Sciences, fasc. III : 355-366.
- THOREZ J., 1975 - Phyllosilicates and clay minerals. Edition G. Lelotte : 579p.
- TILLEY C. E., MUIR I. D., 1967 - Tholeiite and tholeiitic series. Geol. Mag., 104, 4 : 337-343.
- VIDAL Ph., 1976 - L'évolution polyorogénique du Massif armoricain. Apport de la géochronologie et de la géochimie isotopique du strontium. Thèse d'état, Rennes : 142p.
- YAMAOKA K., ASAKURA T., 1974 - Metallic ore minerals and associated clay minerals from the Kuroko deposits in the Nishi-Aizu prefecture, Japan. In "Geology of Kuroko deposits". Min. Geol. Spec. Issue, 6 : 363-370.
- YODDER H. S., TILLEY C. E., 1962 : Origin of basaltic magmas : a experimental study of natural and synthetic rock systems. Journ. Petrol., 3 : 342-532.



# **PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES**





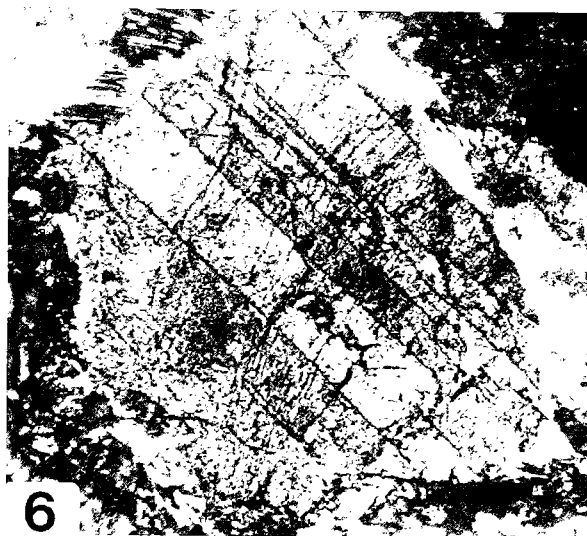
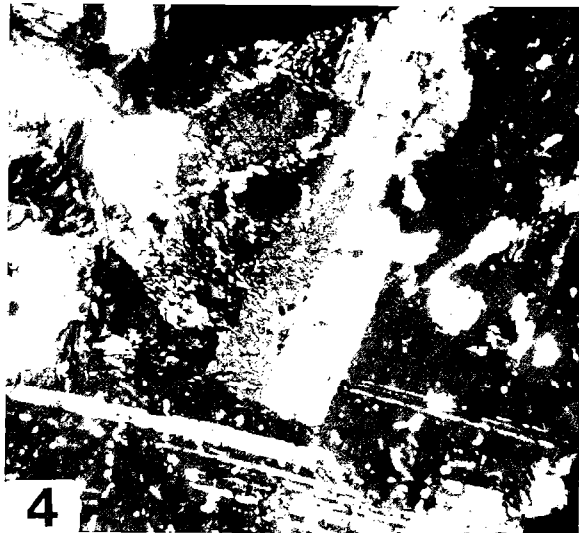
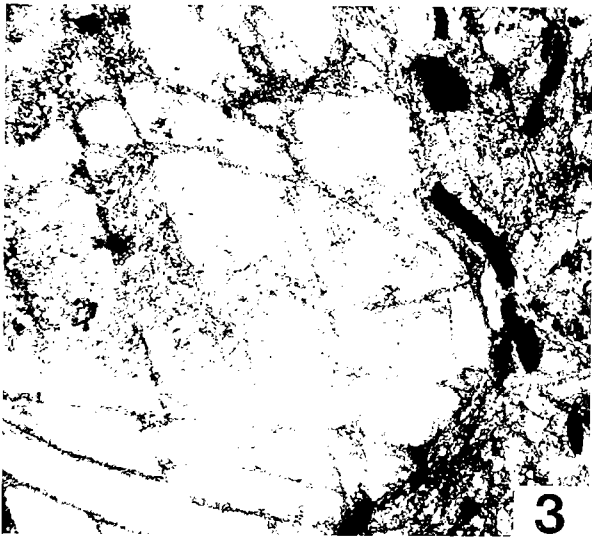
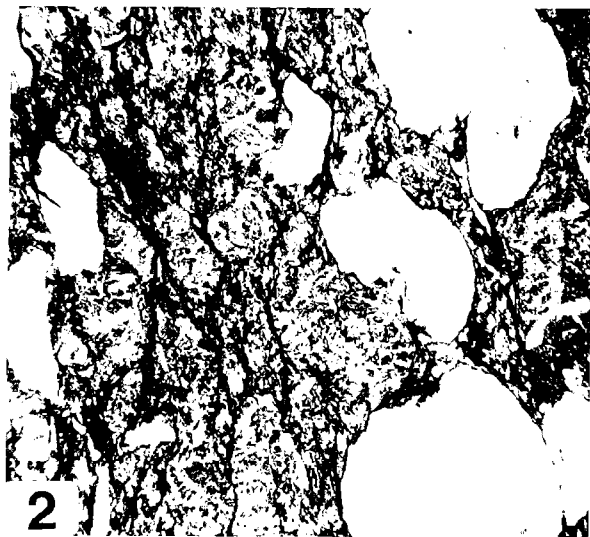
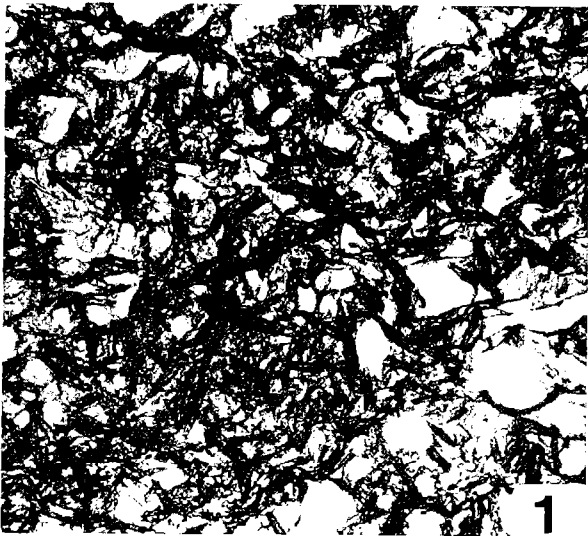


## PLANCHE PHOTOGRAPHIQUE I

### ETUDE PETROGRAPHIQUE

- Photographie 1 : schiste massif à chloritoïdes - (L.N.) - trait d'échelle = 150  $\mu$ m.  
Les baguettes de chloritoïde se surimposent à une trame détritique et phylliteuse.
- Photographie 2 : métadolérite de Kerouant - (L.N.) - trait d'échelle = 230  $\mu$ m.  
Faciès vacuolaire : les vacuoles sont remplies par des dépôts concentriques de chlorite.
- Photographie 3 : métadolérite de Kerouant - (L.P.) - trait d'échelle = 60  $\mu$ m.  
Faciès de coeur de coulée : les plagioclases se présentent fracturés et sont accompagnés de nombreux minéraux titanés et sulfurés.
- Photographie 4 : métadolérite à grain grossier - (L.P.) - trait d'échelle = 220  $\mu$ m.  
Les plagioclases de nature albite-oligoclase sont parfois maclés péricline.
- Photographie 5 : métadolérite à grain moyen - (L.P.) - trait d'échelle = 460  $\mu$ m.  
Les plagioclases présentent souvent une apparence "creuse" ; le long des clivages sur les sections allongées et au coeur des sections basales, des zones sombres apparaissent.
- Photographie 6 : métadolérite à grain moyen - (L.P.) - trait d'échelle = 80  $\mu$ m.  
Les pyroxènes de type augite sont parfois maclés

PL. I

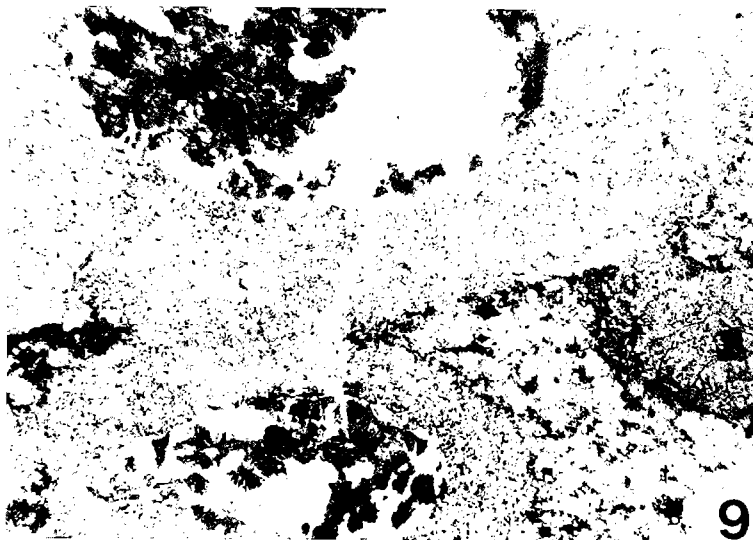
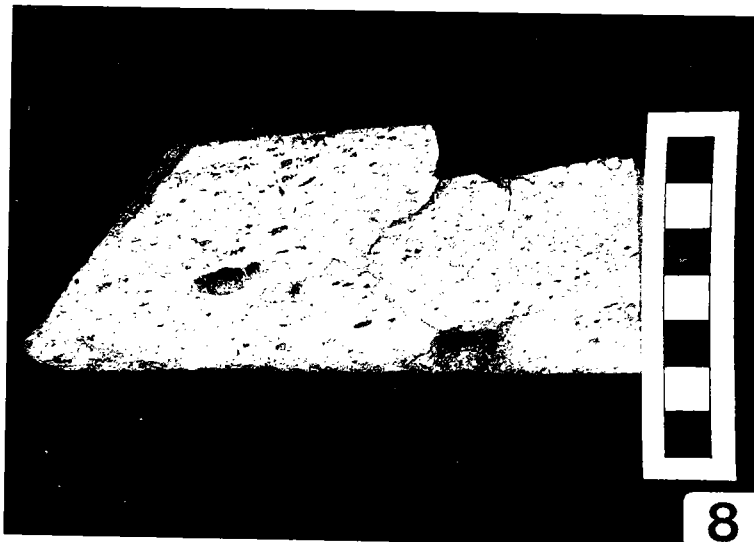
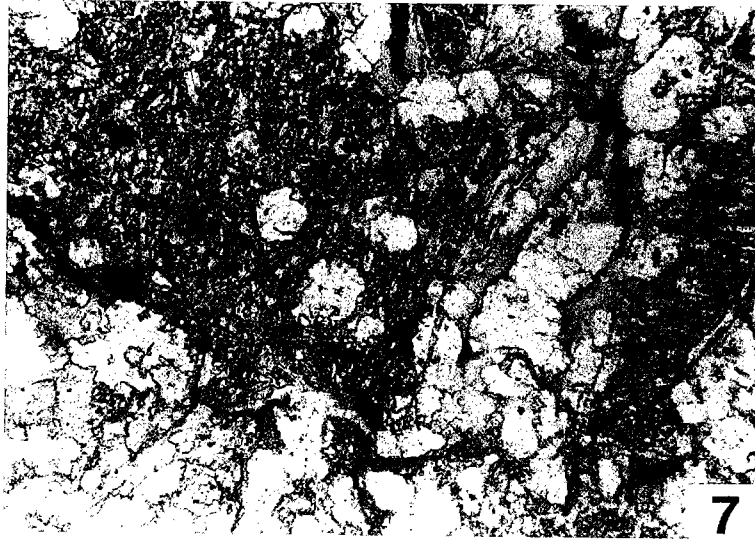


## PLANCHE PHOTOGRAPHIQUE II

### ETUDE PETROGRAPHIQUE

- Photographie 7 : brèche volcanique - (L.P.) - trait d'échelle = 220  $\mu$ m.  
Les éléments de la brèche sont composés de nombreux petits sphérules de quartz et de petits microlites de feldspaths qui s'orientent dans un fond chloriteux cryptocristallin ; les éléments sont liés par un ciment quartzo-chloriteux.
- Photographie 8 : faciès vacuolaire acide - (échantillon 110b) - 1 carré = 1 cm.  
La roche comporte des vacuoles-parfois centimétriques et toujours aplaties ; autour de celles-ci apparaît une zone blanche soulignée par des filonets d'oxydes.
- Photographie 9 : faciès vacuolaire acide - (L.P.) - trait d'échelle = 0,6 mm.  
Les zones blanches observées au microscope correspondent au développement d'une séricitisation de la roche.

PL.II



## PLANCHE PHOTOGRAPHIQUE III

### ETUDE PETROGRAPHIQUE

Photographie 10 : faciès à "flûtes" de chlorite - (échantillon 104) - 1 carré = 1 cm.

Les "flûtes" de chlorite diffèrent des vacuoles par leur forme plus anguleuse ; la roche est de teinte blanchâtre et les "flûtes" peuvent atteindre plusieurs centimètres de longueur.

Photographie 11 : séricito-chlorito-schiste - (L.N.) - trait d'échelle = 460  $\mu$ m.

Dans un fond microcristallin composé de quartz de séricite et de chlorite, on observe des grains de quartz étirés dans la schistosité S1 ; on note l'abondance d'oxydes et de sulfures remobilisés dans la schistosité de fracture S2.

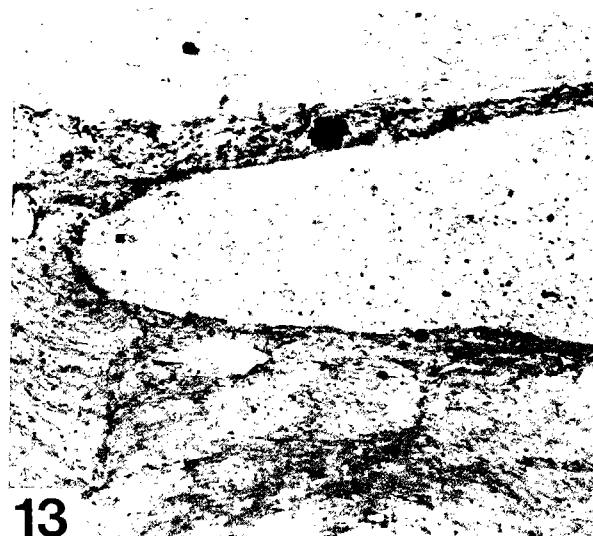
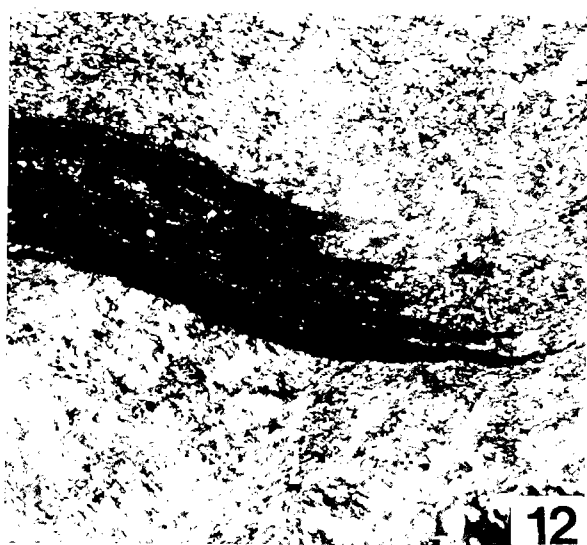
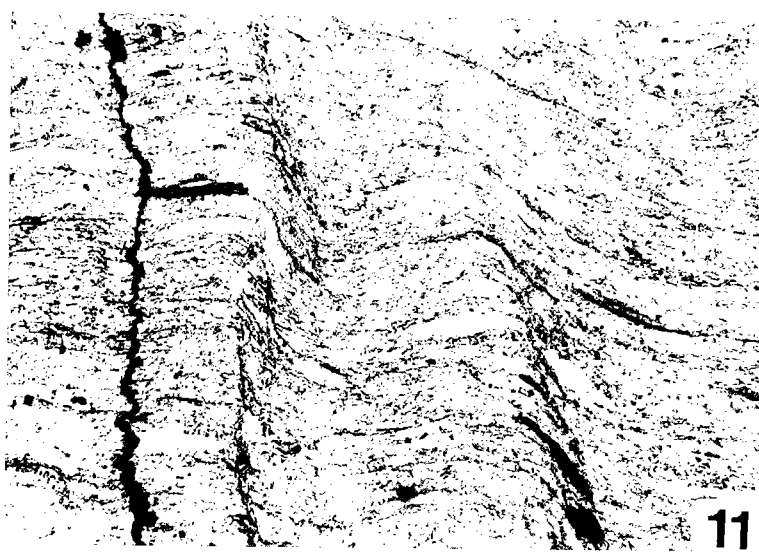
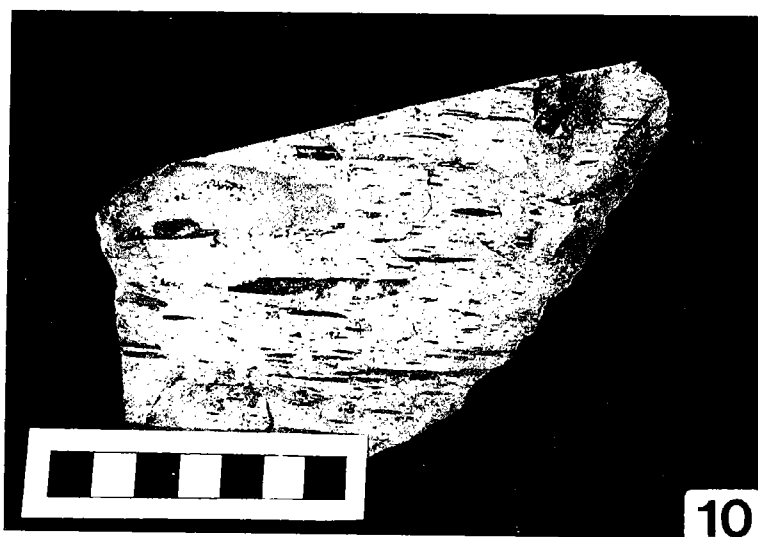
Photographie 12 : faciès bréchique du sondage Tor 2 - (L.P.) - trait d'échelle = 240  $\mu$ m.

Claste noir aux terminaisons effilochées.

Photographie 13 : faciès bréchique du sondage Tor 2 - (L.N.) - trait d'échelle = 350  $\mu$ m.

Claste clair aux extrémités arrondies ; la schistosité S2 n'affecte pas ceux-ci.

PL.III





## PLANCHE PHOTOGRAPHIQUE IV

### ETUDE PETROGRAPHIQUE

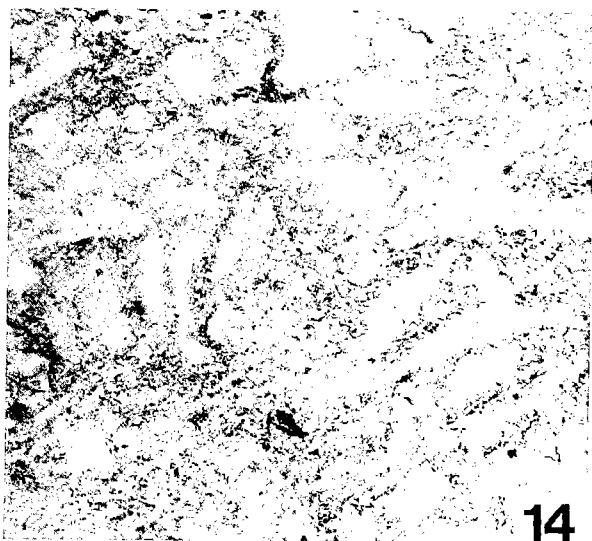
Photographie 14 : faciès ignimbristique - (L.N.) - trait d'échelle = 460  $\mu\text{m}$ .  
Echardes en forme de X et de Y.

Photographie 15 : tuf rhyolitique - (L.P.) - trait d'échelle = 100  $\mu\text{m}$ .  
Quartz à habitus rhyolitique.

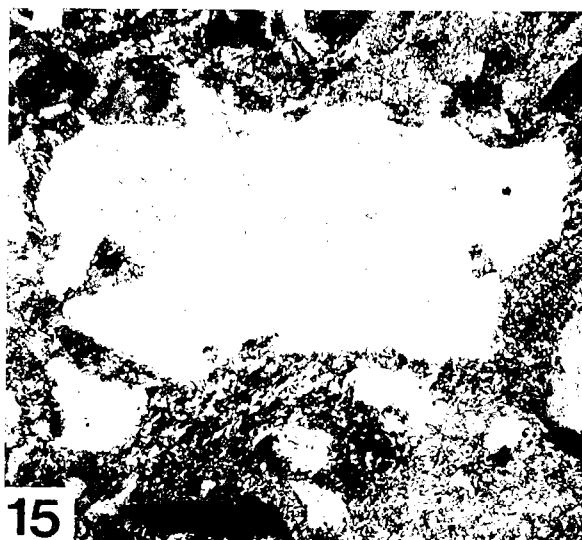
Photographie 16 : faciès hydrothermal carbonaté - (L.N.) - trait d'échelle = 300  $\mu\text{m}$ .  
Association de cristaux de dolomie.

Photographie 17 : chloritite - (L.N.) - trait d'échelle = 250  $\mu\text{m}$ .  
Variation de couleur due à des différences de teneur en rutile ; la chloritite est recoupée par une vacuole remplie de grandes chlorites blanches.

PL.IV



14



15



16



17

## PLANCHE PHOTOGRAPHIQUE V

### ETUDE PETROGRAPHIQUE

Photographie 18 : chlorites blanches contenues dans les filonets des chlorites - (L.P.) - trait d'échelle = 230  $\mu$ m.

### ETUDE GEOCHIMIQUE

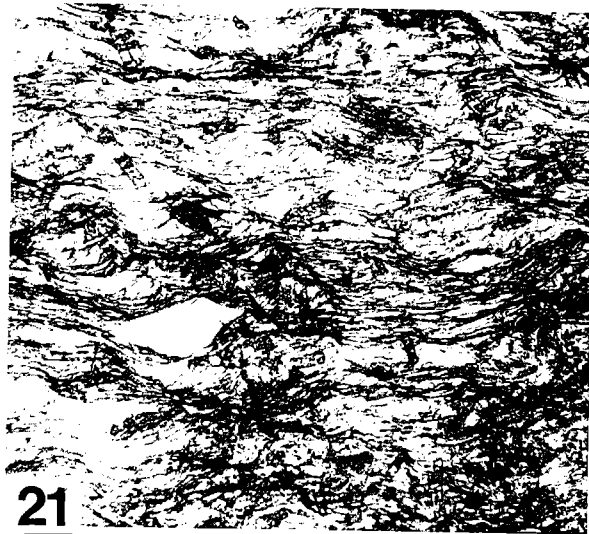
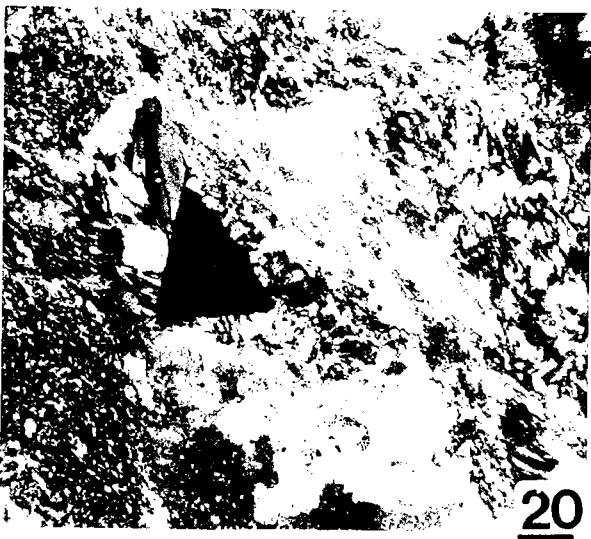
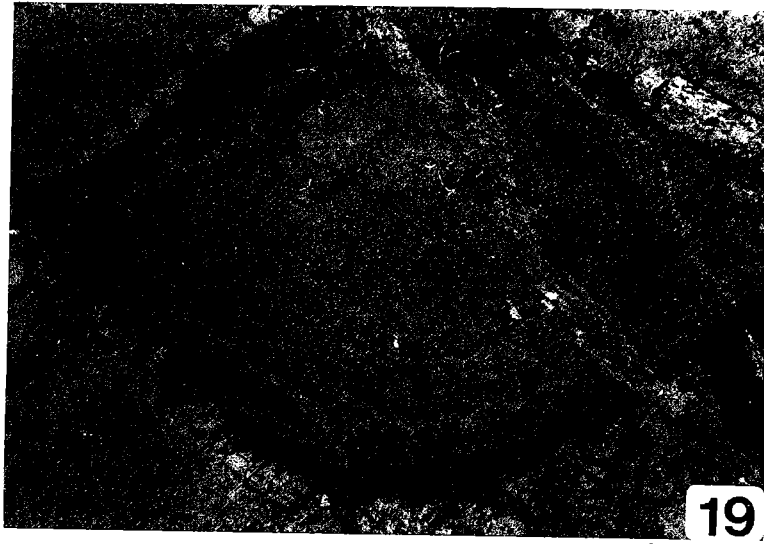
Photographie 19 : faciès hydrothermal carbonaté - (L.N.) - trait d'échelle = 460  $\mu$ m.  
Zonation de croissance d'un cristal de dolomie.

### ETUDE STRUCTURALE

Photographie 20 : séricito-schiste - (L.P.) - trait d'échelle = 100  $\mu$ m.  
Développement d'ombres de pression autour d'un cristal de pyrite.

Photographie 21 : schiste massif à chloritoïde - (L.P.) - trait d'échelle = 200  $\mu$ m.  
Le chloritoïde marque très nettement la schistosité S1 ; certains, postérieurs, recoupent celle-ci en se réorientant dans la schistosité S2.

PL.V



## PLANCHE PHOTOGRAPHIQUE VI

### ETUDE STRUCTURALE ET METAMORPHIQUE

Photographie 22 : schiste et quartzite - (L.N.) - trait d'échelle = 200  $\mu\text{m}$ .  
Développement de microlithons dans les faciès les plus fins.

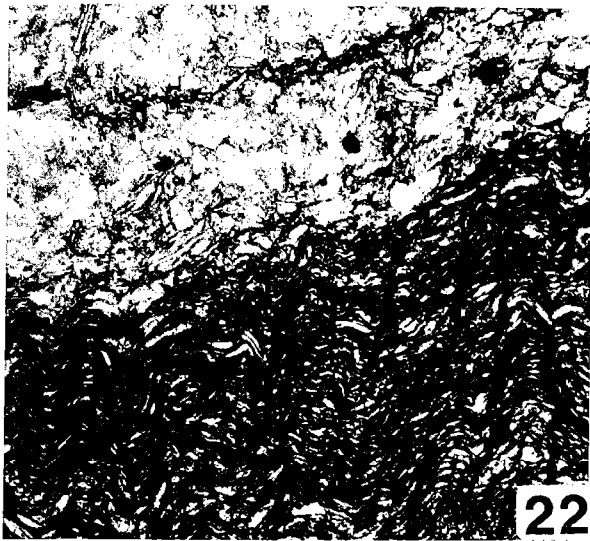
Photographie 23 : schiste noir - (L.P.) - trait d'échelle = 460  $\mu\text{m}$ .  
Développement de zones de pression au cours des deux schistogénèses S1 et S2.

Photographie 24 : séricito-schiste - (L.P.) - trait d'échelle = 230  $\mu\text{m}$ .  
Les queues de recristallisation sont antérieures à S2 car elles apparaissent replissées par cette deuxième phase.

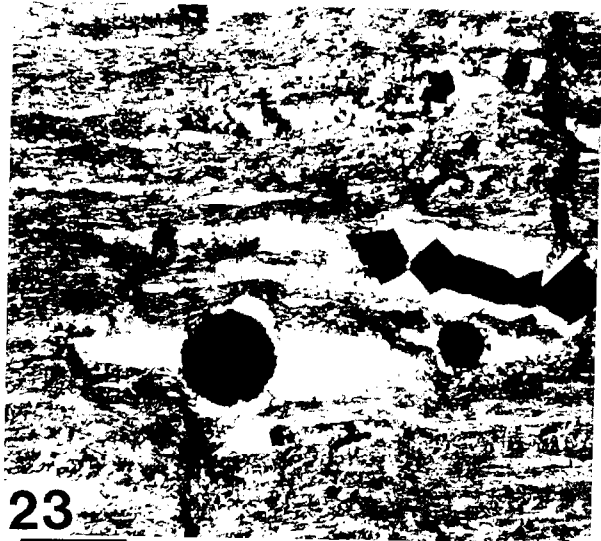
Photographie 25 : séricito-chlorito-schiste à clastes noirs - (L.N.) - trait d'échelle = 200  $\mu\text{m}$ .  
Les clastes noirs sont affectés par des microcisaillements.

Photographie 26 : schiste massif à chloritoïde - (L.N.) - trait d'échelle = 150  $\mu\text{m}$ .  
Le chloritoïde s'inscrit dans la schistosité S1 ; il cristallise également en gerbes, recoupant S1.

PL.VI



22



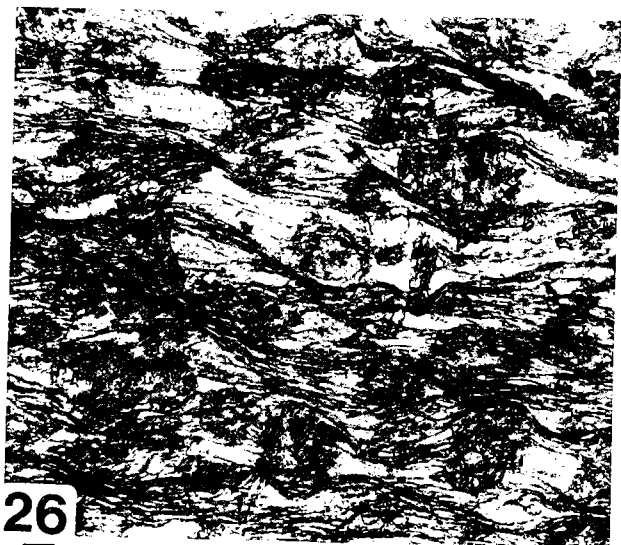
23



24



25



26

## PLANCHE PHOTOGRAPHIQUE VII

### ETUDE MICROPALÉONTOLOGIQUE

Photographie 27 : calcschiste - (L.P.) - trait d'échelle = 230  $\mu$ m.  
Articles de crinoïde.

Photographie 28 : schiste noir Tor 4 38,40 - M.E.B. - x 500.  
spore trilète.

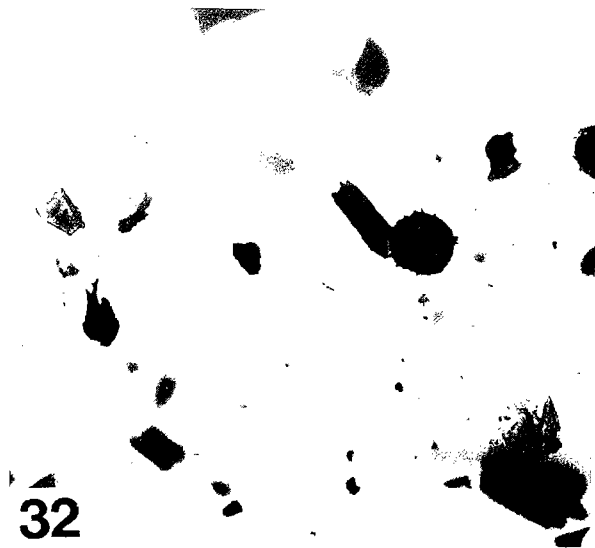
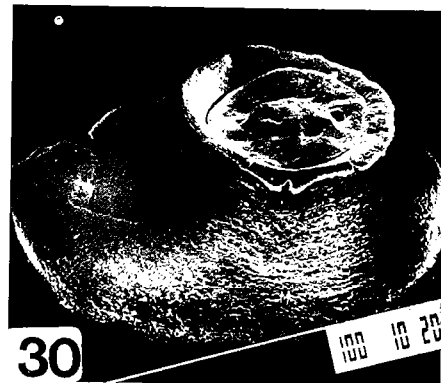
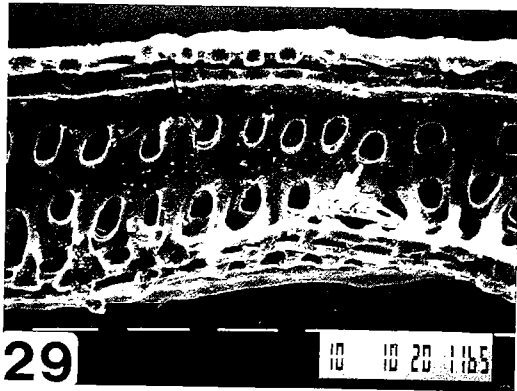
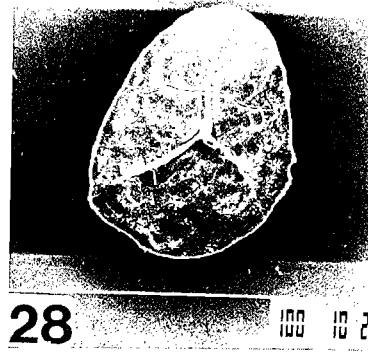
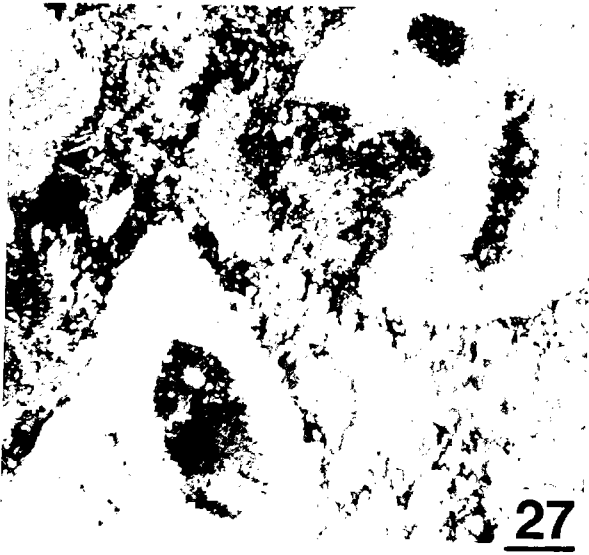
Photographie 29 : schiste noir Tor 4 38,40 - M.E.B. - x 1000.  
Fragments de tissus ligneux.

Photographie 30 : schiste noir Tor 4 38,40 - M.E.B. - x 500.  
chitinozoaire "*bulbochitina bulbosa*".

Photographie 31 : schiste noir Tor 1 74,20 - (L.N.) - trait d'échelle = 35  $\mu$ m.  
Excène de spore pyrité, acritarches et débris végétaux.

Photographie 32 : schiste noir Tor 1 74,20 - (L.N.) - trait d'échelle = 23  $\mu$ m.  
acritarche "*Gorgonisphaeridium*".

PL.VII



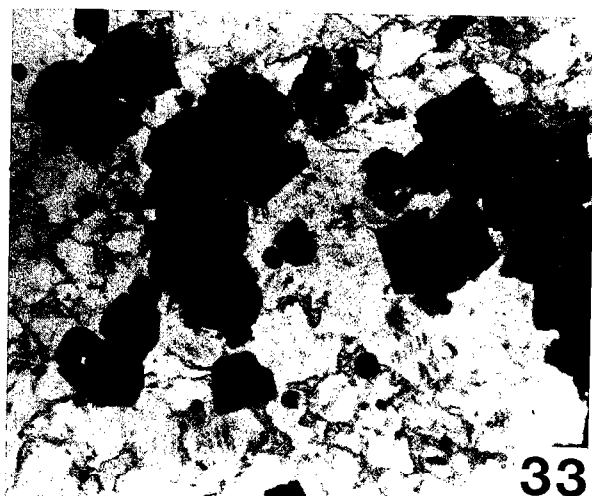


## PLANCHE PHOTOGRAPHIQUE VIII

### ETUDE DE LA MINERALISATION

- Photographie 33 : Tor 2 183,30 - (L.N.) - trait d'échelle = 230  $\mu$ m.  
Minéralisation dissiminée dans des quartzites.
- Photographie 34 : Tor 2 150,90 - (L.N.) - trait d'échelle = 300  $\mu$ m.  
Minéralisation litée à pyrite et blende.
- Photographie 35 : Tor 3 158,40 - (L.N.) - trait d'échelle = 35  $\mu$ m.  
Exsolutions de chalcopryrite à inclusions de pyrrhotite dans blende.
- Photographie 36 : Tor 3 172,65 - (L.N.) - trait d'échelle = 140  $\mu$ m.  
Association de pyrite automorphe et de blende.
- Photographie 37 : Tor 1 93,40 - (L.N.) - trait d'échelle = 250  $\mu$ m.  
Assemblage de blendes morcelées et liées entre elles par des produits phylliteux riches en pyrite.
- Photographie 38 : Tor 1 93,40 - (L.N.) - trait d'échelle = 230  $\mu$ m.  
Blende bordée de chalcopryrite incluant de la galène.
- Photographie 39 : Tor 2 242,80 - (L.N.) - trait d'échelle = 63  $\mu$ m.  
Pyrite présentant des zones de croissance, et à inclusions de blende.

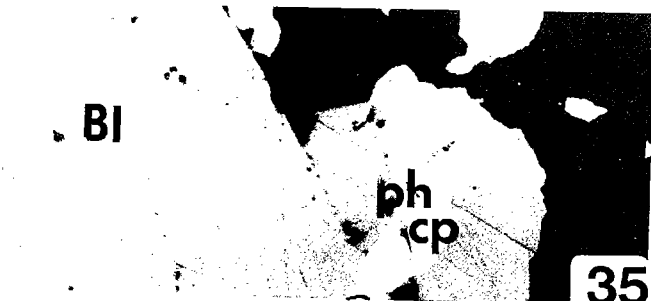
# PL.VIII



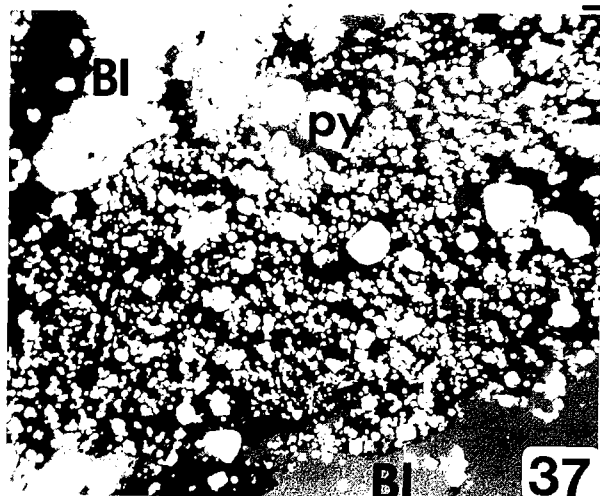
33



34



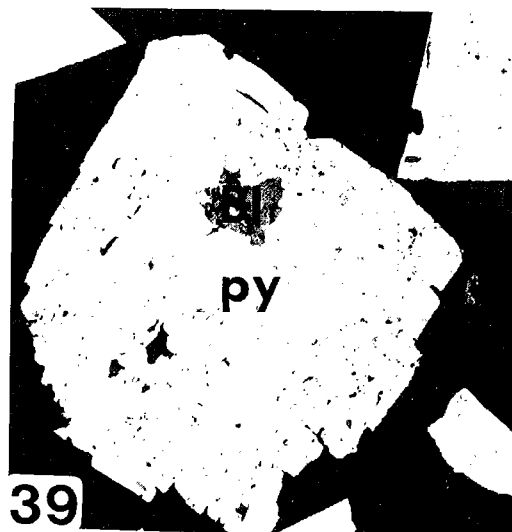
35



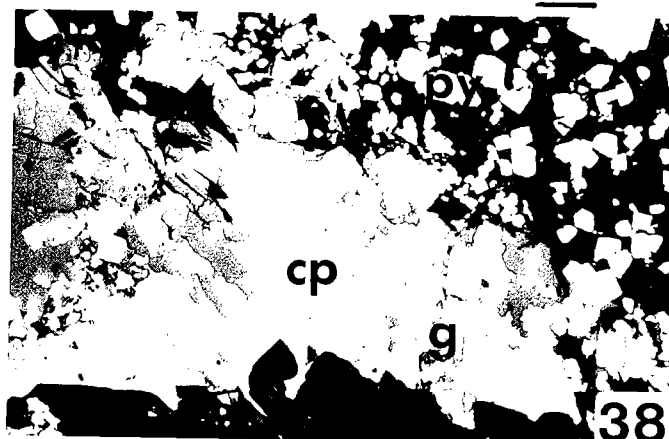
37



36



39



38



# **ANNEXE A**



Analyses géochimiques des faciès volcaniques du secteur  
de Gouézec - St Thois (réalisées au B.R.G.M.)  
Eléments majeurs

| N° Echantillon                 | 25    | 40    | 48    | 56b   | 86    | 38    | 46a   | 46b   | 46c   | 54    | 84    | 90    | Tor 2<br>372,55 | Tor 2<br>379,75 |       | Tor 1<br>68,50 | D.L.<br>128 |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------|-----------------|-------|----------------|-------------|
| N° Analyse                     | 1     | 3     | 7     | 9     | 17    | 2     | 4     | 5     | 6     | 8     | 12    | 13    | 15              | 16              | 10    | 083551         |             |
| SiO <sub>2</sub>               | 49,20 | 49,20 | 52,30 | 52,00 | 45,90 | 74,00 | 77,70 | 77,30 | 79,80 | 76,80 | 79,40 | 74,50 | 79,50           | 79,10           | 65,80 | 59,58          | 76,42       |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 17,40 | 14,90 | 15,10 | 14,50 | 19,00 | 12,70 | 12,20 | 11,70 | 12,20 | 11,00 | 9,10  | 12,40 | 11,00           | 9,40            | 18,50 | 21,22          | 15,09       |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd              | nd              | nd    | 5,09           | 0,71        |
| FeO                            | 16,20 | 11,60 | 17,70 | 16,20 | 20,60 | 3,70  | 1,70  | 3,40  | 1,50  | 1,50  | 3,30  | 3,40  | 2,70            | 2,60            | 5,90  | nd             | nd          |
| MnO                            | 0,16  | 0,14  | 0,17  | 0,27  | 0,38  | 0,02  | tr    | 0,02  | tr    | tr    | tr    | tr    | tr              | tr              | tr    | 0,18           | 0,02        |
| MgO                            | 8,50  | 7,90  | 5,90  | 6,70  | 5,40  | 1,10  | tr    | tr    | tr    | tr    | tr    | tr    | 1,40            | 2,00            | 1,60  | 1,51           | 0,25        |
| CaO                            | tr    | 8,70  | tr    | tr    | tr    | tr    | tr    | tr    | tr    | tr    | tr    | tr    | tr              | tr              | tr    | 0,37           | tr          |
| Na <sub>2</sub> O              | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd              | nd              | nd    | 0,32           | 0,63        |
| K <sub>2</sub> O               | tr    | tr    | tr    | tr    | 0,90  | 4,70  | 0,60  | tr    | tr    | 2,70  | 0,80  | 3,90  | tr              | tr              | 4,50  | 5,45           | 3,59        |
| TiO <sub>2</sub>               | 3,23  | 2,06  | 3,85  | 4,68  | 4,17  | 0,27  | 0,24  | 0,29  | 0,24  | 0,27  | 0,21  | 0,27  | 0,21            | 0,14            | 0,41  | 0,57           | 0,17        |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,36  | 0,28  | 0,15  | 0,44  | 0,23  | 0,11  | 0,78  | 0,76  | 0,81  | 0,76  | 0,14  | 0,76  | 0,80            | 0,66            | 0,18  | 0,14           | tr          |
| P. F.                          | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd              | nd              | nd    | 5,40           | 2,21        |

Analyses géochimiques des faciès volcaniques du secteur  
de Gouézec - St Thois (réalisées au B.R.G.M.)  
Eléments traces

| N° Echantillon | 25  | 40  | 48  | 56b | 86  | 38  | 46a | 46b | 46c | 54  | 84  | 90  | Tor 2<br>372,55 | Tor 2<br>379,75 | 62   |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------------|-----------------|------|
| N° Analyse     | 1   | 3   | 7   | 9   | 17  | 2   | 4   | 5   | 6   | 8   | 12  | 13  | 15              | 16              | 10   |
| L              | 159 | tr  | 322 | 35  | 260 | tr  | 20  | tr  | 38  | tr  | 12  | tr  | 26              | 28              | 31   |
| V              | 376 | 289 | 478 | 500 | 368 | tr  | tr  | 11  | tr  | 11  | 24  | tr  | 17              | tr              | 17   |
| Cr             | 169 | 284 | 80  | 44  | 421 | tr  | 14  | 14  | tr  | 18  | 12  | tr  | 28              | 21              | tr   |
| Co             | 58  | 41  | 49  | 44  | 53  | tr  | tr  | tr  | tr  | tr  | tr  | tr  | tr              | tr              | tr   |
| Ni             | 128 | 75  | 58  | 45  | 252 | tr  | tr  | 14  | tr  | tr  | tr  | tr  | 11              | tr              | tr   |
| Cu             | 54  | 111 | 97  | 73  | 41  | 5   | 12  | 9   | 7   | 10  | 18  | 12  | 13              | 11              | 27   |
| Zn             | 165 | 93  | 145 | 135 | 189 | 131 | 32  | 80  | 44  | 19  | 18  | 127 | 44              | 43              | 70   |
| As             | 26  | tr  | tr  | tr  | 21  | 74  | 164 | tr  | 36  | tr  | tr  | tr  | 77              | 105             | tr   |
| Sr             | 91  | 366 | 47  | 104 | 105 | 77  | 108 | 138 | 101 | 62  | 112 | 75  | 158             | 119             | 64   |
| Y              | 26  | 26  | 26  | 33  | 26  | 85  | 117 | 57  | 89  | 79  | 49  | 77  | 36              | 37              | 93   |
| Nb             | 56  | 47  | 64  | 72  | 70  | 92  | 90  | 80  | 81  | 71  | 68  | 82  | 25              | 23              | 122  |
| Mo             | tr  | tr  | tr  | tr  | tr  | tr  | 6   | tr  | tr  | 6   | tr  | tr  | tr              | tr              | 7    |
| Cd             | 3   | 3   | tr  | tr  | tr  | tr  | tr  | tr  | tr  | tr  | tr  | tr  | tr              | tr              | tr   |
| Ba             | 11  | 59  | 80  | 41  | 88  | 452 | 188 | 191 | 81  | 447 | 169 | 409 | 134             | 87              | 410  |
| La             | tr  | tr  | tr  | tr  | tr  | 64  | 66  | 62  | 60  | 53  | 21  | 49  | tr              | tr              | 81   |
| Ce             | 36  | 32  | 42  | 57  | 35  | 181 | 195 | 184 | 192 | 164 | 108 | 167 | 60              | 68              | 244  |
| Pb             | tr  | tr  | tr  | tr  | tr  | 13  | 12  | 13  | 16  | 23  | tr  | tr  | 17              | 21              | 18   |
| Zr             | 254 | 206 | 293 | 397 | 360 | 774 | 756 | 658 | 726 | 654 | 599 | 720 | 178             | 177             | 1114 |

## **ANNEXE B**





## LISTE DES ECHANTILLONS

- A secteur de Gouézec  
 B secteur de St Thois  
 C secteur de Menez Albot

| N°<br>Echantillon | Lieu                | secteur | Nature   |
|-------------------|---------------------|---------|--|
| 1                 | Karreg-an-Tan       | A       | schistes et quartzites de Plougastel           |
| 3                 | Butte de Torhoat    | A       | schistes et quartzites pyriteux                |
| 5                 | Kermenez Sud        | A       | schistes à chloritoïdes et quartzites associés |
| 6                 | Kerouant Est        | A       | schistes à chloritoïdes massifs                |
| 7                 | Kerouant Sud        | A       | métadolérite à grain moyen                     |
| 8                 | Kerouant Sud        | A       | quartzites vert et rouge                       |
| 9                 | Kerouant Sud        | A       | quartzites sombre                              |
| 10                | Kerizella           | A       | schistes et quartzites de Plougastel           |
| 12                | Kerizella           | A       | schistes et quartzites de Plougastel           |
| 13                | Coat Noemmec        | A       | quartzites                                     |
| 14                | Raouennic Ouest     | A       | schistes à chloritoïdes et quartzites associés |
| 15                | Butte de Torhoat    | A       | schistes et quartzites                         |
| 16                | Raouennic Sud       | A       | fossile dans grès                              |
| 18                | Menez Brizet Ouest  | A       | schistes à chloritoïdes et quartzites associés |
| 19                | Butte de Torhoat    | A       | schistes et quartzites associés                |
| 20                | Roscannou Sud       | A       | grès feldspathique                             |
| 21                | Butte de Torhoat    | A       | schistes et quartzites associés                |
| 22                | Poulbriant Sud      | A       | schistes noirs et métadolérite à grain fin     |
| 24                | Poulbriant Sud      | A       | métadolérite à grain fin                       |
| 25                | Poulbriant Sud      | A       | métadolérite à grain fin                       |
| 26                | Poulbriant Sud      | A       | schistes noirs et métadolérite à grain fin     |
| 28                | Poulbriant Nord     | A       | grès feldspathique                             |
| 30                | Kerguelen Ouest     | A       | schistes à chloritoïdes massifs                |
| 32                | Kerguelen Ouest     | A       | schistes à chloritoïdes massifs                |
| 34                | Kerguelen Ouest     | A       | schistes à chloritoïdes et quartzites          |
| 36                | Kerguelen Ouest     | A       | schistes à chloritoïdes et quartzites          |
| 38                | Kervern Nord        | B       | volcanite acide à flûtes de chlorite           |
| 40                | Kervern Nord        | B       | métadolérite à grain moyen                     |
| 42                | Cosquer Nord        | B       | schistes noirs                                 |
| 44                | Cosquer Nord        | B       | schistes noirs                                 |
| 45                | Cosquer Nord        | B       | grès feldspathique                             |
| 46a               | Cosquer Est         | B       | volcanite acide à flûtes de chlorite           |
| 46b               | Cosquer Est         | B       | volcanite acide vacuolaire                     |
| 46c               | Cosquer Est         | B       | volcanite acide à flûtes de chlorite           |
| 48                | Kermac'h quai Ouest | B       | métadolérite à grain fin                       |
| 50                | Kervern Sud         | B       | métadolérite à grain moyen                     |
| 52                | Kernallec Est       | C       | métadolérite à grain moyen schistosée          |
| 54                | Kerdroc'h Sud       | A       | volcanite acide à flûte de chlorite            |
| 56                | Kermenez Nord       | A       | métadolérite à grain moyen                     |
| 58                | Kermenez Nord       | A       | métadolérite à grain moyen                     |
| 60                | Kermenez Nord       | A       | schistes noirs tâchetés                        |

|       |                      |   |  |
|-------|----------------------|---|--|
| 62    | Kerdroc'h Sud        | A | tuf rhyolitique au microgranite                |
| 63    | Poulbriant Nord      | A | schistes vert-noir                             |
| 64    | Karront-an-Dro Est   | A | schistes vert-noir                             |
| 68    | Torhoat Nord         | A | sericitoschistes                               |
| 70    | Torhoat Nord         | A | sericitoschistes                               |
| 72    | Chapelle St Laurent  | C | schistes à chloritoïdes massifs                |
| 80    | Butte de Torhoat     | A | chloritite                                     |
| 82    | Butte de Torhoat     | A | chloritite                                     |
| 84    | Poulbriant Sud       | A | volcanite acide à flûtes de chlorite           |
| 86    | Poulbriant Sud       | A | métadolérite à grain fin                       |
| 88    | Kerouant Sud         | A | métadolérite à grain moyen                     |
| 90    | Kervern Nord         | C | volcanite acide à flûtes de chlorite           |
| 92    | Kernalec Est         | C | métadolérite à grain moyen schistosé           |
| 94    | Butte de Torhoat     | A | schistes et quartzites                         |
| 96    | Butte de Torhoat     | A | schistes et quartzites                         |
| 98    | Cosquer Nord         | B | chloritite                                     |
| 100 a | Cosquer Nord         | B | brèche volcanique                              |
| 100 b | Cosquer Nord         | B | volcanite acide à flûtes de chlorite           |
| 102   | Zabret Ouest         | B | métadolérite à grain moyen                     |
| 104   | Kervinolec Est       | B | volcanite acide à flûtes de chlorite           |
| 106   | Kervinolec Est       | B | volcanite acide à flûtes de chlorite           |
| 108   | Kervinolec Est       | B | métadolérite à grain moyen                     |
| 110 a | Cosquer Nord         | B | volcanite acide                                |
| 110 b | Cosquer Nord         | B | volcanite acide vacuolaire                     |
| 112   | Cosquer Nord         | B | volcanite acide à flûtes de chlorite           |
| 114   | Cosquer Nord         | B | schistes noirs                                 |
| 116   | Kerburit Nord        | B | schistes à chloritoïdes et quartzites associés |
| 117   | Kerburit Nord        | B | schistes à chloritoïdes et quartzites associés |
| 118   | Kermac'h quai Ouest  | B | schistes à chloritoïdes et quartzites associés |
| 120   | Kermac'h quai Ouest  | B | métadolérite à grain grossier                  |
| 122   | Kermac'h quai Ouest  | B | métadolérite à grain grossier                  |
| 123   | Kermac'h quai Sud    | B | métadolérite à grain fin                       |
| 124   | Kermac'h quai Sud    | B | métadolérite à grain fin                       |
| 128   | Kermac'h quai Nord   | B | métadolérite à grain moyen                     |
| 130   | Kermac'h quai Nord   | B | quartzites                                     |
| 132   | Kergoff Izella Ouest | B | métadolérite à grain moyen                     |
| 134   | Kerburit Nord        | B | schistes à chloritoïdes et quartzites associés |
| 135   | Kerburit Nord        | B | schistes à chloritoïdes et quartzites associés |
| 136   | Kerlogan Nord        | B | métadolérite à grain moyen                     |
| 138   | Kervillou Sud        | B | métadolérite à grain moyen                     |
| 140   | Kervillou Sud        | B | métadolérite à grain moyen                     |
| 142   | Ty Berthou Sud       | B | métadolérite à grain moyen                     |
| 144   | Ty Floc'h Ouest      | B | métadolérite à grain moyen                     |
| 146   | Tuscoal Sud          | B | schistes à chloritoïdes massifs                |
| 148   | Turluguen Est        | B | schistes noirs                                 |
| 150   | Ty Berthou Est       | B | métadolérite à grain moyen                     |
| 152   | Kergoff Huella Ouest | B | métadolérite à grain fin                       |

|     |                         |   |  |
|-----|-------------------------|---|--|
| 154 | Chapelle St Laurent Est | C | quartzites très fins                           |
| 156 | Chapelle St Laurent Est | C | schistes à chloritoides et quartzites associés |
| 158 | Chapelle St Laurent Est | C | quartzites très fins                           |
| 160 | Kernalec Est            | C | quartzites très fins                           |
| 162 | Kernalec Est            | C | schistes à chloritoides massifs                |
| 164 | Kernalec Ouest          | C | schistes à chloritoides et quartzites associés |
| 166 | Kergallec Izella Est    | C | schistes à chloritoides massifs                |
| 168 | Seac'h Segal            | C | tuf rhyolitique                                |
| 170 | Seac'h Segal            | C | tuf rhyolitique                                |
| 172 | Kernour Est             | C | schistes à chloritoides massifs                |
| 174 | Cosquer Nord            | B | schistes noirs                                 |
| 176 | Cosquer Nord            | B | schistes noirs                                 |

|   |
|---|
| <p>METHODES D'ETUDES PETROGRAPHIQUES<br/>ET GEOCHIMIQUES DES ECHANTILLONS<br/>DE SONDAGE.</p> |
|---|

OBJETS ETUDIES :

- △ Section polie.
- lame mince CAESS.
- lame mince polie CAESS.
- ◇ lame mince BRGM.

ORIGINE DE L'ECHANTILLON :

- S = sédimentaire.
- V = volcanique.
- V.S = volcano-sédimentaire.
- H = hydrothermal.
- M = minéralisation.

| SONDAGE<br>COTE | PETROGRAPHIE                    |   | objet étudié | R. X. | microsonde | analyse<br>géochimique | extraction<br>micropal. | carbonates | chloritoïdes | plagioclases<br>feldspaths | cristalles | rutile<br>anatase | pyrite +<br>oxydes de fer | autres<br>sulfures | matière<br>organique | Origine | FORMATION |
|-----------------|---------------------------------|---|--------------|-------|------------|------------------------|-------------------------|------------|--------------|----------------------------|------------|-------------------|---------------------------|--------------------|----------------------|---------|-----------|
|                 | Dénomination                    |   |              |       |            |                        |                         |            |              |                            |            |                   |                           |                    |                      |         |           |
| 44, 30          | limite volcanite-schiste noir   | □ |              |       |            |                        |                         |            |              |                            |            |                   |                           |                    |                      | V.S     | VI        |
| 68, 50          | tuf épiciastique                | □ |              |       |            |                        |                         |            |              |                            |            |                   |                           |                    |                      | V       |           |
| 69, 90          | schiste noir                    | □ |              |       |            |                        |                         | +          |              |                            |            |                   | +                         |                    | +                    | S       |           |
| 74, 20 74, 45   | schiste noir                    |   |              |       |            |                        | +                       |            |              |                            |            |                   |                           |                    |                      | S       |           |
| 74, 50          | schiste noir                    | □ |              |       |            |                        |                         |            |              |                            |            |                   |                           |                    |                      | S       |           |
| 75, 30 a        | tuf épiciastique                | □ |              |       |            |                        |                         |            |              |                            |            |                   |                           |                    |                      | V       |           |
| 75, 30 b        | tuf épiciastique                | □ |              |       |            |                        |                         |            |              |                            |            |                   |                           |                    |                      | V       |           |
| 76, 60          | séricito-schiste                | ■ |              | +     |            |                        |                         |            |              |                            |            |                   |                           |                    |                      | S       |           |
| 77, 05 a        | séricito-schiste                | □ |              |       |            |                        |                         |            |              |                            |            |                   |                           |                    |                      | S       |           |
| 77, 05 b        | séricito-schiste                | □ |              |       |            |                        |                         |            |              |                            |            |                   |                           |                    |                      | S       |           |
| 81, 70          | séricito-schiste                | □ |              |       |            |                        |                         |            |              |                            |            |                   |                           |                    |                      | S       |           |
| 82, 40          | séricito-schiste                | □ |              |       |            |                        |                         |            |              |                            | +          |                   |                           |                    |                      | S       |           |
| 83, 95          | séricito-schiste                | □ |              |       |            |                        |                         |            |              |                            |            |                   |                           |                    |                      | S       |           |
| 93, 20          | séricito-schiste                | □ |              |       |            |                        |                         |            |              |                            |            |                   |                           |                    |                      | S       |           |
| 93, 40          | minéralisation                  | △ |              |       |            |                        |                         |            |              |                            |            |                   |                           |                    |                      | S       |           |
| 93, 80 a        | minéralisation                  | △ |              |       |            |                        |                         |            |              |                            |            |                   |                           |                    |                      |         |           |
| 93, 80 b        | minéralisation                  | △ |              |       |            |                        |                         |            |              |                            |            |                   |                           |                    |                      |         |           |
| 99, 10          | ignimbrite                      | □ |              | +     |            |                        |                         |            |              |                            |            |                   |                           |                    |                      | V       |           |
| 103, 10         | séricito-schiste                | ■ |              |       |            |                        |                         |            |              |                            |            |                   |                           |                    |                      | S       |           |
| 105, 25         | séricito-schiste                | □ |              |       |            |                        |                         |            |              |                            |            |                   |                           |                    |                      | S       |           |
| 110, 00         | séricito-schiste                | □ |              |       |            |                        |                         |            |              |                            |            |                   |                           |                    |                      | S       |           |
| 120, 80 a       | ignimbrite                      | □ |              | +     |            |                        |                         |            |              |                            |            |                   |                           |                    |                      | V       |           |
| 120, 80 b       | ignimbrite                      | □ |              | +     |            |                        |                         |            |              |                            |            |                   |                           |                    |                      | V       |           |
| 129, 60         | séricito-schiste                |   |              |       |            |                        |                         |            |              |                            |            |                   |                           |                    |                      | S       |           |
| 129, 90 a       | dolomie                         | □ |              |       |            |                        |                         |            |              |                            |            |                   |                           |                    |                      | H       |           |
| 129, 90 b       | limite dolomie-séricito-schiste | □ |              |       |            |                        |                         |            |              |                            |            |                   |                           |                    |                      | H.S     |           |

| SONDAGE<br>COTE | PETROGRAPHIE                                    |  | objet étudié | R. X. | microsonde | analyse<br>géochimique | extraction<br>micropal. | carbonates | chloritoïdes | plagioclases<br>feldspaths | clastes | rutile<br>anatase | pyrite +<br>oxydes de fer | autres<br>sulfures | matière<br>organique | Origine | FORMATION |
|-----------------|---|--|--------------|-------|------------|------------------------|-------------------------|------------|--------------|----------------------------|---------|-------------------|---------------------------|--------------------|----------------------|---------|-----------|
|                 | Dénomination                                    |  |              |       |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   |                           |                    |                      |         |           |
| Tor 1           |   |  | □            |       |            |                        |                         | +          |              |                            | +       |                   | +                         |                    |                      | H       |           |
| 131,00 a        | dolomie + chlorite                              |  | ■            |       |            |                        |                         | +          |              |                            | +       |                   | +                         |                    |                      | S       |           |
| 131,00 b        | dolomie + chlorite                              |  | □            |       |            |                        |                         | +          |              |                            | +       |                   | +                         |                    |                      | V       |           |
| 131,40          | ignimbrite                                      |  | □            |       |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   |                           |                    |                      | H.S     |           |
| 134,70          | "piquetis" de dolomie dans séricito-<br>schiste |  | □            |       |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   |                           |                    |                      |         |           |
| 139,35          | "piquetis" de dolomie dans séricito-<br>schiste |  | □            |       |            |                        |                         |            |              |                            | +       |                   | +                         |                    |                      | S       |           |
| 140,80          | "piquetis" de dolomie dans micaschiste          |  | □            |       |            |                        |                         |            |              |                            | +       |                   | +                         |                    |                      | S       |           |
| 143,65          | séricito-schiste à "piquetis" de dolomie        |  | ■            |       |            |                        |                         | +          |              |                            |         |                   | +                         |                    |                      | S       |           |
| 148,85          | séricito-schiste à "piquetis" de dolomie        |  | □            |       |            |                        |                         |            |              |                            | +       |                   | +                         |                    |                      | S       |           |
| 149,50          | minéralisation                                  |  | Δ            |       |            |                        |                         | +          |              |                            |         |                   | +                         |                    |                      | H       |           |
| 150,45          | séricito-schiste à "piquetis" de dolomie        |  | □            |       |            |                        |                         | +          |              |                            | +       |                   | +                         |                    |                      | S       |           |
| 154,60          | séricito-schiste à "piquetis" de dolomie        |  | □            |       |            |                        |                         | +          |              |                            | +       |                   | +                         |                    |                      | S       |           |
| 165,00          | séricito-schiste à "piquetis" de dolomie        |  | □            |       |            |                        |                         | +          |              |                            | +       |                   | +                         |                    |                      | S       |           |
| 170,00          | séricito-schiste                                |  | □            | +     |            |                        |                         | +          |              |                            | +       |                   | +                         |                    |                      | S       |           |
| 175,05          | séricito-schiste                                |  |              |       |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   |                           |                    |                      | S       |           |
| 180,45          | schiste noir                                    |  | □            |       |            |                        |                         |            |              |                            |         | +                 |                           |                    |                      | S       |           |
| 185,10          | schiste noir                                    |  |              |       |            |                        | +                       |            |              |                            |         |                   |                           |                    |                      | S       |           |
| 189,50          | schiste noir                                    |  | □            |       |            |                        |                         | +          |              |                            |         | +                 |                           |                    |                      | S       |           |
| 190,20 a        | dolomie   |  | □            |       |            |                        |                         | +          |              |                            | +       |                   |                           |                    |                      | H       |           |
| 190,20 b        | dolomie   |  | □            |       |            |                        |                         | +          |              |                            | +       |                   |                           |                    |                      | M       |           |
| 191,25          | schiste noir                                    |  |              |       |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   |                           |                    |                      | S       |           |
| 195,20          | schiste noir                                    |  | □            |       |            |                        |                         | +          |              |                            |         | +                 |                           |                    |                      | S       |           |
| 197,60          | schiste noir                                    |  | □            |       |            |                        |                         | +          |              |                            |         |                   | +                         |                    |                      | S       |           |
| 198,40          | schiste noir                                    |  | □            |       |            |                        |                         | +          |              |                            |         |                   | +                         |                    |                      | S       |           |
| 201,60          | séricito-schiste                                |  | □            |       |            |                        |                         | +          |              |                            | +       |                   | +                         |                    |                      | S       |           |
| 204,60          | séricito-schiste                                |  | □            |       |            |                        |                         | +          |              |                            | +       |                   | +                         |                    |                      | S       |           |
| 206,10 a        | schiste noir                                    |  | □            |       |            |                        |                         | +          |              |                            | +       |                   | +                         |                    |                      | S       |           |
| 206,10 b        | schiste noir                                    |  | □            |       |            |                        |                         | +          |              |                            | +       |                   | +                         |                    |                      | S       |           |

| SONDAGE<br>COTE | PETROGRAPHIE                              |  | objet étudié | R. X. | microsonde | analyse<br>géochimique | extraction<br>micropal. | carbonates | chloritoïdes | plagioclases<br>feldspaths | clastes | rutile<br>anatase | pyrite +<br>oxydes de fer | autres<br>sulfures | matière<br>organique | Origine | FORMATION |
|-----------------|---|--|--------------|-------|------------|------------------------|-------------------------|------------|--------------|----------------------------|---------|-------------------|---------------------------|--------------------|----------------------|---------|-----------|
|                 | Dénomination                              |  |              |       |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   |                           |                    |                      |         |           |
| 17,90           | chlorito-schiste                          |  | □            |       |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   |                           |                    |                      | S       | IV        |
| 25,20           | chlorito-schiste à passées de microgrès   |  | □            |       |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   | +                         |                    | +                    | S       |           |
| 26,53           | microgrès                                 |  | □            |       |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   | +                         |                    | +                    | S       |           |
| 40,45           | chlorito-schiste à passées de microgrès   |  |              |       |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   | +                         |                    |                      | S       |           |
| 42,45           | chlorito-schiste                          |  | □            |       |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   | +                         |                    |                      | S       |           |
| 43,00           | chlorito-schiste                          |  | ◇            |       |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   |                           |                    |                      | S       |           |
| 44,25           | chloritite                                |  | ◇            |       |            |                        |                         |            |              |                            |         | +                 |                           |                    |                      | S       |           |
| 44,60           | chloritite                                |  | □            |       |            |                        |                         |            |              |                            |         | +                 |                           |                    |                      | H       |           |
| 45,10           | chloritite                                |  |              |       |            |                        |                         |            |              |                            |         | +                 |                           |                    |                      | H       |           |
| 46,12           | chlorite avec filonet de dolomie          |  |              | +     |            |                        |                         | +          |              |                            |         | +                 |                           |                    |                      | H       |           |
| 48,50           | chloritite                                |  | ◇            | +     |            |                        |                         |            |              |                            |         | +                 |                           |                    |                      | H       |           |
| 49,35           | filonet de dolomie-quartz sans chloritite |  | □            |       |            |                        |                         |            |              |                            |         | +                 |                           |                    |                      | H       |           |
| 54,25           | chloritite - stockwerk                    |  | ■            | +     | +          |                        |                         |            |              |                            |         | +                 |                           | +                  |                      | H       |           |
| 55,20           | schiste noir                              |  | △            |       |            |                        |                         |            |              |                            |         | +                 |                           | +                  |                      | S       |           |
| 57,63           | schiste noir                              |  | □            | +     |            |                        | +                       |            |              |                            |         | +                 |                           | +                  |                      | S       |           |
| 71,10 a         | chloritite                                |  | □            | +     |            | +                      |                         |            |              |                            |         | +                 |                           | +                  |                      | H       |           |
| 71,10 b         | filonet dans chloritite                   |  | □            | +     |            |                        |                         | +          |              |                            |         | +                 |                           | +                  |                      | H       |           |
| 71,10 c         | chloritite                                |  | □            | +     |            |                        |                         |            |              |                            |         | +                 |                           | +                  |                      | H       |           |
| 73,45           | chloritite                                |  | □            |       | +          |                        |                         |            |              |                            |         | +                 |                           | +                  |                      | H       |           |
| 81,50           | schiste à chloritoïdes fins               |  | ■            |       |            |                        |                         |            |              |                            |         | +                 |                           |                    |                      | S       |           |
| 83,70           | schiste à chloritoïdes fins               |  | □            |       |            |                        |                         |            | +            |                            |         | +                 |                           | +                  |                      | S       |           |
| 92,40           | schiste à chloritoïdes                    |  | □            |       |            |                        |                         |            | +            |                            |         | +                 |                           | +                  |                      | S       |           |
| 101,60          | schiste à chloritoïdes massifs            |  | □            | +     |            |                        | +                       |            | +            |                            |         | +                 |                           | +                  |                      | S       |           |
| 122,60          | schiste à chloritoïdes massifs            |  | □            | +     |            |                        |                         |            | +            |                            |         | +                 |                           | +                  |                      | S       |           |
| 125,80          | séicito-schiste                           |  | □            | +     |            |                        |                         |            | +            |                            |         | +                 |                           | +                  |                      | S       |           |
| 133,70          | calcschiste et schiste noir               |  | ◇            |       |            |                        |                         | +          |              |                            |         | +                 |                           | +                  | +                    | S       |           |
| 134,80          | calcschiste et schiste noir               |  | ◇            |       |            |                        |                         | +          |              |                            |         | +                 |                           | +                  | +                    | S       |           |



| SONDAGE<br>COTE | PETROGRAPHIE                             |  | objet étudié | R. X. | microsonde | analyse<br>géochimique | extraction<br>micropal. | carbonates | chloritoïdes | plagioclases | clastes | rutile<br>anatase | pyrite +<br>oxydes de fer | autres<br>sulfures | matière<br>organique | Origine | FORMATION |
|-----------------|--|--|--------------|-------|------------|------------------------|-------------------------|------------|--------------|--------------|---------|-------------------|---------------------------|--------------------|----------------------|---------|-----------|
|                 | Dénomination                             |  |              |       |            |                        |                         |            |              |              |         |                   |                           |                    |                      |         |           |
| Tor 2           | 135, 80                                  | calschiste et schiste noir                 | □            |       |            |                        |                         | +          |              |              |         |                   |                           |                    | +                    | S       | IV        |
|                 | 136, 95 a                                | calschiste et schiste noir                 | □            |       |            |                        |                         | +          |              |              |         |                   | +                         |                    | +                    | S       |           |
|                 | 136, 95 b                                | calschiste et schiste noir                 | □            |       |            |                        |                         | +          |              |              |         |                   | +                         |                    | +                    | S       |           |
|                 | 144, 20                                  | schiste à chloritoïdes                     |              |       |            |                        |                         |            | +            |              |         |                   | +                         |                    |                      | S       |           |
|                 | 157, 40                                  | schiste à chloritoïdes                     |              |       |            |                        |                         |            | +            |              |         |                   | +                         |                    |                      | S       |           |
|                 | 168, 50                                  | schiste à chloritoïdes massifs             | □            | +     |            |                        |                         |            |              |              |         |                   | +                         |                    |                      | S       |           |
|                 | 181, 00                                  | schiste et quartzite                       | □            |       |            |                        |                         |            |              |              |         |                   | +                         |                    |                      | S       |           |
|                 | 183, 30                                  | schiste et quartzite                       | □            |       |            |                        |                         |            |              |              |         |                   | +                         |                    |                      | S       |           |
|                 | 184, 80                                  | schiste et quartzite                       |              |       |            |                        |                         |            |              |              |         |                   | +                         |                    |                      | S       |           |
|                 | 188, 20                                  | quartzite minéralisé                       | ■            |       |            |                        |                         |            |              |              |         |                   |                           | +                  |                      | S       |           |
|                 | 189, 15                                  | quartzite minéralisé                       | △            |       |            |                        |                         |            |              |              |         |                   | +                         |                    |                      | S       |           |
|                 | 193, 80                                  | quartzite minéralisé                       |              |       |            |                        |                         |            |              |              |         |                   |                           |                    |                      | S       | VI        |
|                 | 199, 70                                  | séricito-schiste à clastes clairs          | □            |       |            |                        |                         |            |              |              | +       |                   | +                         |                    |                      | S       |           |
|                 | 201, 85                                  | séricito-schiste à clastes noirs et clairs | □            |       |            |                        |                         |            |              |              | +       |                   | +                         |                    |                      | S       |           |
|                 | 202, 50                                  | séricito-schiste à clastes noirs et clairs | □            |       |            |                        |                         |            |              |              | +       |                   | +                         |                    |                      | S       |           |
|                 | 204, 00                                  | séricito-schiste à clastes noirs et clairs | ■            | +     |            |                        |                         |            |              |              | +       |                   | +                         |                    | +                    | S       |           |
|                 | 205, 90                                  | séricito-schiste à clastes noirs et clairs | ■            | +     | +          |                        |                         |            |              |              | +       |                   | +                         |                    | +                    | S       |           |
|                 | 205, 90 a                                | séricito-schiste à clastes noirs et clairs | □            | +     |            |                        |                         |            |              |              | +       |                   | +                         |                    | +                    | S       |           |
|                 | 205, 90 b                                | séricito-schiste à clastes noirs           | □            |       |            |                        |                         |            |              |              | +       |                   | +                         |                    | +                    | S       |           |
|                 | 211, 40                                  | séricito-schiste                           | □            | +     |            |                        |                         |            | +            |              |         |                   | +                         |                    |                      | S       |           |
| 221, 20         | séricito-schiste                         | □  | +            |       |            |                        |                         | +          |              |              |         | +                 |                           |                    | S                    |         |           |
| 222, 35         | séricito-schiste                         | □  |              |       |            |                        |                         |            |              |              |         | +                 |                           |                    | S                    |         |           |
| 233, 20         | séricito-schiste                         |  | +            |       |            |                        |                         |            |              |              |         | +                 |                           |                    | S                    |         |           |
| 239, 20         | séricito-schiste                         |  |              |       |            |                        |                         |            |              |              |         | +                 |                           |                    | S                    |         |           |
| 239, 45         | séricito-schiste                         |  |              |       |            |                        |                         |            |              |              |         | +                 |                           |                    | S                    |         |           |
| 242, 00         | dolomie + chlorite                       | □  |              |       |            |                        |                         | +          |              |              |         |                   | +                         |                    |                      | S       |           |
| 242, 60         | minéralisation dans dolomie              | △  |              |       |            |                        |                         | +          |              |              |         |                   | +                         |                    |                      | S       |           |
| 242, 80         | minéralisation dans dolomie              | △  |              |       |            |                        |                         | +          |              |              |         |                   | +                         |                    |                      | H       |           |
| 243, 00         | séricito-schiste à "piquetis" de dolomie | □  |              |       |            |                        |                         | +          |              |              |         |                   | +                         |                    |                      | S       |           |
| 247, 50         | dolomie + chlorite                       | ■  | +            |       |            |                        |                         | +          |              |              |         |                   | +                         |                    |                      | H       |           |
| 255, 90 a       | séricito-schiste et filonet de dolomie   | □  | +            |       |            |                        |                         | +          |              |              |         |                   | +                         |                    |                      | S       |           |

| SONDAGE<br>COTE | PETROGRAPHIE                                |  | objet étudié | R. X. | microsonde | analyse<br>géochimique | extraction<br>micropal. | carbonates | chloritoïdes | plagioclases<br>feldspaths | clastes | rutile<br>anatase | pyrite +<br>oxydes de fer | autres<br>sulfures | matière<br>organique | Origine | FORMATION |
|-----------------|---|--|--------------|-------|------------|------------------------|-------------------------|------------|--------------|----------------------------|---------|-------------------|---------------------------|--------------------|----------------------|---------|-----------|
|                 | Dénomination                                |  |              |       |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   |                           |                    |                      |         |           |
| 255,90 b        | séricito-schiste à clastes noirs            |  | □            |       |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   |                           |                    |                      | S       | ← VI →    |
| 260,20          | séricito-schiste à clastes noirs            |  | □            | +     |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   | +                         |                    |                      | S       |           |
| 264,05          | "piquetis" de dolomie dans séricito-schiste |  | □            |       |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   | +                         |                    |                      | S       |           |
| 276,00          | "piquetis" de dolomie dans séricito-schiste |  | □            |       |            |                        |                         | +          |              |                            |         | +                 |                           |                    |                      | S       |           |
| 283,60          | séricito-schiste à clastes noirs            |  | □            | +     |            |                        |                         |            |              |                            | +       |                   | +                         |                    |                      | S       |           |
| 295,65          | séricito-schiste à clastes noirs            |  |              | +     |            |                        |                         |            |              |                            | +       | +                 | +                         |                    |                      | S       |           |
| 304,65          | séricito-schiste à clastes noirs            |  | □            |       |            |                        |                         |            |              |                            | +       | +                 | +                         |                    |                      | S       |           |
| 311,10          | séricito-schiste à clastes noirs            |  |              |       |            |                        |                         |            |              |                            | +       | +                 | +                         |                    |                      | S       |           |
| 339,65          | cinérite épiglastique                       |  | □            | +     |            |                        |                         | +          |              |                            | +       |                   | +                         |                    |                      | V.S     |           |
| 344,00          | séricito-schiste                            |  |              |       |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   | +                         |                    |                      | S       |           |
| 353,80          | séricito-schiste                            |  | □            |       |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   | +                         |                    |                      | S       |           |
| 355,00          | séricito-schiste                            |  | □            | +     |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   | +                         |                    |                      | S       |           |
| 357,95          | séricito-schiste                            |  | □            | +     |            |                        |                         |            |              |                            |         | +                 | +                         |                    |                      | S       |           |
| 360,50          | séricito-schiste                            |  | □            | +     |            |                        |                         |            |              |                            |         | +                 | +                         |                    |                      | S       |           |
| 362,75          | séricito-schiste                            |  | □            | +     |            |                        |                         |            |              |                            |         | +                 | +                         |                    |                      | S       |           |
| 372,55          | séricito-schiste                            |  |              |       |            |                        |                         |            |              |                            |         | +                 | +                         |                    |                      | S       |           |
| 379,75          | ignimbrite                                  |  |              |       |            |                        |                         | +          |              |                            |         |                   | +                         |                    |                      | V       |           |
| 400,00          | ignimbrite                                  |  |              |       |            |                        |                         | +          |              |                            |         |                   | +                         |                    |                      | V       |           |
| 410,40          | séricito-schiste                            |  | □            | +     |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   | +                         |                    |                      | S       |           |
| 411,10          | séricito-schiste                            |  | □            |       |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   | +                         |                    |                      | S       |           |
| 413,60          | schiste noir                                |  | □            |       |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   | +                         |                    |                      | S       |           |
| 415,40          | schiste noir                                |  | △            |       |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   | +                         |                    |                      | S       |           |

| SONDAGE<br>COTE | PETROGRAPHIE                    |  | objet étudié | R. X. | microsonde | analyse<br>géochimique | extraction<br>micropal. | carbonates | chloritoïdes | plagioclases<br>feldspaths | clastes | rutile<br>anatase | pyrite +<br>oxydes de fer | autres<br>sulfures | matière<br>organique | Origine | FORMATION |
|-----------------|---------------------------------|--|--------------|-------|------------|------------------------|-------------------------|------------|--------------|----------------------------|---------|-------------------|---------------------------|--------------------|----------------------|---------|-----------|
|                 | Dénomination                    |  |              |       |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   |                           |                    |                      |         |           |
| Tor 3           |                                 |  |              |       |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   |                           |                    |                      |         |           |
| 20,65           | séricito-schiste                |  | □            |       |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   | +                         |                    |                      | S       | VI        |
| 22,55           | séricito-schiste                |  | □            |       |            |                        |                         |            |              |                            | +       |                   | +                         |                    |                      | S       |           |
| 25,70           | ignimbrite-séricito-schiste     |  | □            | +     |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   | +                         |                    | V.S                  |         |           |
| 30,85           | séricito-schiste                |  | □            | +     |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   | +                         |                    | S                    |         |           |
| 32,50           | séricito-schiste                |  | □            | +     |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   | +                         |                    | S                    |         |           |
| 32,90           | ignimbrite                      |  | □            | +     |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   | +                         |                    | V                    |         |           |
| 38,60           | séricito-schiste                |  | □            |       |            |                        |                         |            |              |                            | +       |                   | +                         |                    | S                    |         |           |
| 41,65           | séricito-schiste                |  | □            | +     |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   | +                         |                    | S                    |         |           |
| 47,30           | cinérite épiglastique           |  | □            |       |            |                        |                         |            |              |                            | +       |                   | +                         |                    | V.S                  |         |           |
| 55,60           | schiste noir                    |  | □            | +     |            |                        | +                       |            |              |                            |         |                   | +                         |                    | +                    | S       |           |
| 66,55           | schiste noir oxydé              |  | □            |       |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   | +                         |                    | +                    | S       |           |
| 82,50           | séricito-schiste                |  |              |       |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   |                           |                    |                      | S       |           |
| 88,55           | schiste à chloritoïdes          |  |              |       |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   |                           |                    |                      | S       |           |
| 96,50 a         | schiste à chloritoïdes massifs  |  | □            |       |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   |                           |                    |                      | S       |           |
| 96,50 b         | schiste à chloritoïdes massifs  |  | □            |       |            |                        |                         |            | +            |                            |         |                   |                           |                    |                      | S       |           |
| 113,20          | schiste à chloritoïdes massifs  |  | □            |       |            |                        |                         |            | +            |                            |         |                   |                           |                    |                      | S       |           |
| 135,65          | calschiste et schiste noir      |  |              |       |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   |                           |                    |                      | S       |           |
| 136 137         | calschiste et schiste noir      |  |              |       |            |                        | +                       |            |              |                            |         |                   |                           |                    |                      | S       |           |
| 136,95          | calschiste et schiste noir      |  |              |       |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   |                           |                    |                      | S       |           |
| 140,80 a        | calschiste et schiste noir      |  |              |       |            |                        |                         | +          |              |                            |         |                   | +                         | +                  |                      | S       |           |
| 140,80 b        | minéralisation                  |  | △            |       |            |                        |                         | +          |              |                            |         | +                 | +                         |                    |                      | S       |           |
| 143,90          | minéralisation                  |  | △            |       |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   |                           |                    |                      | S       |           |
| 150,90          | quartzite à ciment carbonaté    |  | □            |       |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   |                           |                    |                      | S       |           |
| 152,70          | minéralisation                  |  | △            |       |            |                        |                         | +          |              |                            |         | +                 | +                         |                    |                      | S       |           |
| 155,50          | minéralisation                  |  | △            |       |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   |                           |                    |                      | S       |           |
| 155,50          | schiste noir                    |  | □            |       |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   | +                         | +                  |                      | S       |           |
| 156,30          | quartzite                       |  | ◇            |       |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   |                           |                    |                      | S       |           |
| 156,80          | quartzite légèrement minéralisé |  | □            |       |            |                        |                         | +          |              |                            |         |                   | +                         |                    |                      | S       |           |

| SONDAGE<br>COTE | PETROGRAPHIE                 |  | objet étudié | R. X. | microsonde | analyse<br>géochimique | extraction<br>micropal. | carbonates | chloritoides | plagioclases<br>feldspaths | clastes | rutile<br>anatase | pyrite +<br>oxydes de fer | autres<br>sulfures | matière<br>organique | Origine | FORMATION |
|-----------------|------------------------------|--|--------------|-------|------------|------------------------|-------------------------|------------|--------------|----------------------------|---------|-------------------|---------------------------|--------------------|----------------------|---------|-----------|
|                 | Dénomination                 |  |              |       |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   |                           |                    |                      |         |           |
| 158,40          | minéralisation               |  | Δ            |       |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   |                           |                    |                      | S       | IV        |
| 158,85          | minéralisation               |  | Δ            |       |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   |                           |                    |                      | S       |           |
| 160,30          | schistes et quartzites       |  | □            |       |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   |                           | +                  |                      | S       |           |
| 164 164,30      | schistes et quartzites       |  | □            |       |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   |                           | +                  |                      | S       |           |
| 171             | quartzite à ciment carbonaté |  | □            | +     |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   |                           |                    |                      | S       |           |
| 171,70          | quartzite à ciment carbonaté |  | □            |       |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   | +                         |                    |                      | S       |           |
| 172,65          | minéralisation               |  | Δ            |       |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   | +                         |                    |                      | S       |           |
| 174,25          | quartzite minéralisé         |  | □            |       |            |                        |                         |            |              |                            |         | +                 | +                         |                    |                      | S       |           |
| 177,08          | stockwerk                    |  | □            |       |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   | +                         |                    |                      | M       |           |
| 177,15          | schiste et quartzite         |  | □            |       |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   | +                         |                    |                      | S       |           |
| 178,95 179,25   | schiste et quartzite         |  | □            |       |            |                        | +                       |            |              |                            |         |                   | +                         |                    |                      | S       |           |
| 183,25          | schiste et quartzite         |  | □            |       |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   | +                         |                    |                      | S       |           |
| 186,15          | schiste et quartzite         |  | □            |       |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   | +                         |                    |                      | S       |           |

| SONDAGE<br>COTE | PETROGRAPHIE |                                    | objet étudié | R. X. | microsonde | analyse<br>géochimique | extraction<br>micropal. | carbonates | chloritoïdes | plagioclases<br>feldspaths | clastes | rutile<br>anatase | pyrite +<br>oxydes de fer | autres<br>sulfures | matière<br>organique | Origine | FORMATION |
|-----------------|--------------|------------------------------------|--------------|-------|------------|------------------------|-------------------------|------------|--------------|----------------------------|---------|-------------------|---------------------------|--------------------|----------------------|---------|-----------|
|                 | Dénomination |                                    |              |       |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   |                           |                    |                      |         |           |
| Tor 4           |              |                                    |              |       |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   |                           |                    |                      |         |           |
| 25              |              | schiste noir                       | □            | +     |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   |                           |                    |                      | S       | IV        |
| 38,60           |              | schiste noir                       |              |       |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   |                           |                    |                      | S       |           |
| 42,70           |              | schiste noir                       | □            | +     |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   | +                         |                    |                      | S       |           |
| 68              |              | microgrès                          | □            |       |            |                        |                         | +          |              |                            |         |                   | +                         |                    |                      | S       |           |
| 75,70           |              | schiste noir                       | □            |       |            |                        |                         | +          |              |                            |         |                   | +                         |                    |                      | S       |           |
| 77,90           |              | microgrès à ciment carbonaté       | □            |       |            |                        |                         | +          |              |                            |         |                   | +                         |                    |                      | S       |           |
| 85,50           |              |                                    |              |       |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   |                           |                    |                      | S       |           |
| 94,60           |              | schiste à chloritoïde              | □            |       |            |                        |                         | +          |              |                            |         |                   |                           |                    |                      | S       |           |
| 120,75          |              | schiste à chloritoïde et microgrès | □            |       |            |                        |                         |            | +            |                            |         |                   | +                         |                    |                      | S       |           |
| 122,75          |              | microgrès à ciment carbonaté       | □            |       |            |                        |                         | +          |              |                            |         |                   | +                         |                    |                      | S       |           |
| 180,05          |              | schiste à chloritoïde              | □            |       |            |                        |                         |            | +            |                            |         |                   | +                         |                    |                      | S       |           |
| 281,50          |              | quartzite                          | □            |       |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   |                           |                    |                      | S       |           |
| 294,45          |              | schiste noir chloriteux            | □            |       |            |                        |                         | +          |              |                            |         |                   | +                         |                    |                      | S       |           |
| 306,80          |              | schiste noir chloriteux            | □            |       |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   | +                         |                    |                      | S       |           |
| 311,55          |              | schiste noir chloriteux            | □            |       |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   | +                         |                    |                      | S       |           |

| SONDAGE<br>COTE | PETROGRAPHIE                           |  | objet étudié | R. X. | microsonde | analyse<br>géochimique | extraction<br>micropal. | carbonates | chloritoïdes | plagioclases<br>feldspaths | clastes | rutile<br>anatase | pyrite +<br>oxydes de fer | autres<br>sulfures | matière<br>organique | Origine | FORMATION |
|-----------------|--|--|--------------|-------|------------|------------------------|-------------------------|------------|--------------|----------------------------|---------|-------------------|---------------------------|--------------------|----------------------|---------|-----------|
|                 | Dénomination                           |  |              |       |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   |                           |                    |                      |         |           |
| Tor 5           |  |  |              |       |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   |                           |                    |                      |         |           |
| 12, 30          | faciès ignimbritique                   |  |              |       |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   |                           |                    |                      |         |           |
| 14, 35          | ignimbrite                             |  | □            | +     |            |                        |                         |            |              | +                          |         |                   | +                         |                    |                      | V       |           |
| 41, 00          | ignimbrite                             |  | □            | +     |            |                        |                         |            |              | +                          |         |                   | +                         |                    |                      | V       |           |
| 68, 30          | stockwerk                              |  |              | +     |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   | +                         |                    |                      | V       |           |
| 70, 40          | schiste noir                           |  |              | +     |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   |                           |                    |                      | H       |           |
| 75, 80          | schiste noir                           |  |              |       |            |                        |                         |            |              |                            |         |                   |                           |                    |                      | S       |           |
| 106, 80         | limite schiste noir-schiste sériciteux |  | □            | +     |            |                        | +                       |            |              |                            |         |                   | +                         |                    |                      | S       |           |
| 123, 55         | schiste noir                           |  |              |       |            |                        | +                       |            |              |                            |         |                   |                           |                    |                      | S       |           |
| 170, 00         | schiste sériciteux                     |  |              |       |            |                        | +                       |            |              |                            |         |                   |                           |                    |                      | S       |           |
| 155, 20         | séricito schiste à clastes noirs       |  | □            | +     |            |                        |                         |            |              |                            | +       |                   | +                         |                    |                      | S       |           |
| 187, 50         | dolomie + chloritite                   |  | □            | +     |            |                        |                         | +          |              |                            |         |                   |                           |                    |                      | H       |           |

VI

| SONDAGE<br>COTE | PETROGRAPHIE                  |  | objet étudié | R. X. | microsonde | analyse<br>géochimique | extraction<br>micropal. | carbonates | chloritoïdes | plagioclases | feldspaths | clastes | rutile<br>anatase | pyrite +<br>oxydes de fer | autres<br>sulfures | matière<br>organique | Origine | FORMATION                              |
|-----------------|-------------------------------|--|--------------|-------|------------|------------------------|-------------------------|------------|--------------|--------------|------------|---------|-------------------|---------------------------|--------------------|----------------------|---------|--|
|                 | Dénomination                  |  |              |       |            |                        |                         |            |              |              |            |         |                   |                           |                    |                      |         |  |
| 20              | Grès - quartzite fin déformé  |  | ◇            |       |            |                        |                         |            |              |              |            |         |                   | +                         |                    |                      | S       | <div>↕</div> <div>N</div> <div>↕</div> |
| 27              | Grès - quartzite fin déformé  |  | ◇            |       |            |                        |                         |            |              |              |            |         |                   | +                         |                    |                      | S       |  |
| 45, 10          | Grès - quartzite fin déformé  |  | ◇            |       |            |                        |                         |            |              |              |            |         |                   | +                         |                    |                      | S       |  |
| 79, 90          | schiste noir et quartzite fin |  | ◇            |       |            |                        |                         |            |              |              |            |         |                   | +                         |                    |                      | S       |  |
| 99, 05          | séricito-schiste              |  | ◇            |       |            |                        |                         | +          |              |              |            |         |                   | +                         |                    |                      | S       |  |
| 145, 15         | schiste noir                  |  | ◇            |       |            |                        |                         |            |              |              |            |         |                   |                           |                    |                      | S       |  |

↔ N ↔

LE SOUVENIR ET L'ESPOIR  
SONT LES ENERGIES INTIMES  
QUI COMPOSENT L'ETRE .  
LA PREMIERE GARDE L'HOMME  
PRES DE CE QU'IL A VECU  
LA DEUXIEME,  
PRES DE CE QU'IL VIVRA .

TEIXEIRA DE PASCOAES





Dans la même collection :

- N°1 - H. MARTIN - Nature, origine et évolution d'un segment de croûte continentale archéenne : contraintes chimiques et isotopiques. Exemple de la Finlande orientale. 392 p., 183 fig., 51 tabl., 4 pl. (1985). 140F.
- N°2 - G. QUERRE - Paléogénèse de la croûte continentale à l' archéen : les granitoïdes tardifs (2,5-2,4 Ga) de Finlande Orientale. Pétrologie et géochimie. 226 p., 74 fig., 41 tabl., 3 pl.(1985). 85F.
- N°3 - J. DURAND - Le Grès Armoricaïn. Sédimentologie. Traces fossiles. Milieux de dépôt. 150 p., 76 fig., 9 tabl., 19 pl. (1985). 55F.
- N°4 - D. PRIOUR - Genèse des zones de cisaillement : Application de la méthode des éléments finis à la simulation numérique de la déformation des roches. 157 p., 106 fig., 7 tabl., (1985). 55F.
- N°5 - V. NGAKO - Evolution métamorphique et structurale de la bordure sud-ouest de la "série de Poli". Segment camerounais de la chaîne panafricaine. 185 p., 76 fig., 16 tabl., 12 pl. (1986). 70F.
- N°6 - J. DE POULPIQUET - Etude géophysique d'un marqueur magnétique situé sur la marge continentale sud-armoricaine. 159 p., 121 fig., 5 tabl. (1986). 55F.
- N°7 - P. BARBEY - Signification géodynamique des domaines granulitiques. La ceinture des granulites de Laponie : une suture de collision continentale d'âge Protérozoïque inférieur (1.9-2.4 Ga). 324 p., 89 fig., 46 tabl., 11 pl. (1986). 115F.

- N°8 - Ph. DAVY - Modélisation thermo-mécanique de la collision continentale. 233 p., 72 fig., 2 tabl. (1986). 95F.
- N°9 - Y. GEORGET - Nature et origine des granites peralumineux à cordiérite et des roches associées. Exemples des granitoïdes du Massif Armoricaïn (France) : Pétrologie et géochimie. 250 p., 140 fig., 67 tabl., (1986). 100F.
- N°10 - D. MARQUER - Transfert de matière et déformation progressive des granitoïdes. Exemple des massifs de l'Aar et du Gothard (Alpes centrales Suisses). 287 p., 134 fig., 52 tabl., 5 cartes hors-texte (1987). 120F.
- N°11 - J.S. SALIS -Variation séculaire du champ magnétique terrestre. Direction et Paléointensité sur la période 7.000 - 70.000 BP dans la chaîne des Puys. 190 p., 73 fig., 28 tabl., 1 carte hors-texte (1987). 90F.
- N°12 - Y. GERARD - Etude expérimentale des interactions entre déformation et transformation de phase. Exemple de la transition calcite-aragonite. 126 p., 42 fig., 3 tabl., 10 pl. (1987). 75F.
- N°13 - H. TATTEVIN - Déformation et transformation de phases induites par ondes de choc dans les silicates. Caractérisation par la microscopie électronique en transmission. 150 p., 50 fig., 1 tabl., 13 pl. (1987). 95F.
- N°14 - J.L. PAQUETTE - Comportement des systèmes isotopiques U-Pb et Sm-Nd dans le métamorphisme éclogitique. Chaîne Hercynienne et chaîne Alpine. 190 p., 88 fig., 39 tab., 2 pl. (1987). 95F.
- N°15 - B. VENDEVILLE - Champs de failles et tectonique en extension : modélisation expérimentale. 392 p., 181 fig., 1 tabl., 82 pl. (1987). 265F.

N°16 - E. TAILLEBOIS - Cadre géologique des indices sulfurés à Zn, Pb, Cu,  
Fe du secteur de Gouézec-St-Thois : Dévono-Carbonifère  
du flanc Sud du Bassin de Châteaulin (Finistère). 195  
p., 64 fig., 41 tabl., 8 pl. photo., 8 pl. h.texte.  
(1987)

110F.



# BON DE COMMANDE

A retourner à :

Centre Armoricaïn d'Etude Structurale des Socles  
Mémoires et documents du CAESS  
Université de Rennes I - Campus de Beaulieu  
35042 - RENNES Cédex (France).

NOM .....  
ORGANISME .....  
ADRESSE .....

Veuillez me faire parvenir les ouvrages suivants :

| N°                  | Auteur | Nb Exemplaires | Prix Unitaire | TOTAL |
|---------------------|--------|----------------|---------------|-------|
|                     |        |                |               |       |
|                     |        |                |               |       |
|                     |        |                |               |       |
|                     |        |                |               |       |
|                     |        |                |               |       |
| Frais d'envoi :     |        |                |               |       |
| 1 volume : 15,00 F. |        |                |               |       |
| Total               |        |                |               |       |
| Frais d'envoi       |        |                |               |       |
| Montant total       |        |                |               |       |

Veuillez établir votre chèque au nom de l'Agent Comptable de l'Université de Rennes I et le joindre au bon de commande.



**Imprimé au CAESS**

**Dépot Légal**

**4 éme trimestre 1987**





## RESUME :

Les recherches systématiques de minéralisations de divers éléments métallifères, entreprises dans le Massif armoricain au début des années 60 par le B.R.G.M., ont abouti à la découverte d'indices puis de gîtes de type amas sulfuré à Pb, Zn, Cu, Fe, Ag d'âge briovérien (Rouez) et paléozoïque : Porte-aux-Moines (amas sulfuré sur appareil volcanique), Bodennec (hydrothermal sédimentaire). Ces deux derniers sont d'âge dévonien inférieur et sont antérieurs à la Formation des "Grès de Landévennec".

A la suite de la découverte d'anomalies géochimiques et géophysiques sur le secteur de Gouézec - St Thois le B.R.G.M. a décidé d'implanter des sondages carottés sur la zone de Torhoat : ils ont recoupé des niveaux minéralisés. La présente étude, proposée par le B.R.G.M. a pour objectif de définir le cadre géologique de cette minéralisation. Des travaux cartographiques et l'étude des sondages ont permis d'identifier six formations (sédimentaire, volcano-sédimentaire et volcanique) datées du Silurien au Carbonifère.

Le volcanisme observé sur ce secteur est bimodal :

- les faciès volcaniques basiques possèdent des affinités tholéïtiques de type intraplaque.
- les volcanites acides s'apparentent à des ignimbrites.

L'étude géophysique a permis de mettre en évidence des structures ("axes lourds") et de préciser les limites entre les formations.

L'évolution tectono-métamorphique se traduit par l'existence de deux périodes de tectogenèse :

- la première synschisteuse et métamorphique est rapportée à la phase "bretonne"
- la seconde caractérisée par un décrochevauchement est attribuée à la phase "namuro-westphalienne".

L'étude de la minéralisation a permis d'identifier deux niveaux porteurs situés dans deux formations différentes :

- le premier est de type sédimentaire distal
- le second est submassif stratiforme (à blende dominante), intimement lié à des volcanites acides.

Les travaux cartographiques, l'étude des sondages, structurale et micropaléontologique ont permis d'attribuer un âge Dévonien moyen à supérieur à ces minéralisations.

La découverte du niveau minéralisé submassif stratiforme, à ce jour inconnu dans le secteur de Gouézec - St Thois peut constituer un argument favorable à la relance de l'étude des indices sulfurés dans la partie terminale du Paléozoïque. Ces études furent abandonnées à la suite des travaux sur les gisements de Porte-aux-Moines et de Bodennec qui concluaient à l'existence d'une seule minéralisation datée du Dévonien inférieur dans le bassin de Châteaulin (synclinorium médian).

**Mots-Clés :** Gisements sulfurés, zinc substance, plomb substance, cadre géologique, Paléozoïque supérieur, Massif armoricain, Bassin de Châteaulin, Finistère.